COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-QUINZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1932.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1932

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Paul Vuillemin**, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu pendant le mois de juin, et celui de M. **Bernhard Bang**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu le 22 juin à Copenhague.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Zaremba**, professeur de l'Université de Cracovie, membre de l'Académie de Pologne, qui assiste à la séance.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* JEAN-PAUL VUILLEMIN, *Correspondant pour la Section de Botanique*, par M. **Henri Lecomte**.

M. Paul Vuillemin est né à Docelles (Vosges) le 13 février 1861; après avoir poursuivi ses études à Nancy, il a accompli toute sa carrière dans la même ville, où il était nommé, en 1895, professeur titulaire d'Histoire naturelle médicale à la Faculté de Médecine; élu Correspondant le 17 février 1913.

M. le docteur Paul Vuillemin a publié un nombre considérable de notes et mémoires sur les sujets les plus variés de la Botanique; tous ces travaux sont caractérisés par la précision et la minutie des observations, par le sens critique qui préside à l'interprétation des résultats, par une impeccable érudition et enfin par les conclusions toujours originales qui donnent à des observations, en apparence banales, une haute portée scientifique et philosophique (Rapport de notre confrère M. Mangin, 1912). Les travaux de Cryptogamie et de Pathologie végétale ont valu à M. P. Vuillemin l'attribution du prix Montagne en 1902. Le rapporteur de la Commission, notre regretté confrère M. Prillieux, écrivait ce qui suit :

« L'auteur a fait preuve des plus remarquables qualités d'observateur: il est familiarisé avec les méthodes perfectionnées de la science moderne.

» Fort érudit et très au courant des opinions émises sur les plus hautes questions de biologie végétale, il profite toujours de l'étude des faits de détail qu'il observe pour en tirer quelques conséquences se rapportant aux grandes questions d'ordre général. »

Dans toute sa vie de botaniste, le docteur Paul Vuillemin s'est toujours efforcé de montrer l'importance des caractères anatomiques dans la connaissance des plantes et en particulier dans les principes de leur classification: à ce point de vue, il était le disciple de notre illustre et regretté confrère M. Ph. Van Tieghem.

Dans sa Thèse de doctorat en médecine, consacrée à la tige des Composées, M. Vuillemin montre que les caractères fournis par l'histologie et l'anatomie permettent de définir, dans cette grande famille, des groupes aussi naturels que ceux établis sur la morphologie de la fleur et du fruit.

Mais c'est surtout dans sa Thèse de doctorat ès sciences, consacrée à l'étude de la subordination des caractères de la feuille dans le phylum des *Anthyllis*, que M. Vuillemin a montré combien la connaissance intime des plantes est utile au classificateur qui cherche à établir la filiation des végétaux. Le genre *Anthyllis* a été choisi comme exemple parce que ses limites sont indécises et varient avec les auteurs. Par une étude approfondie du système foliaire M. Vuillemin a mis en balance les caractères anatomiques les plus variés. Certains d'entre eux, négligeables dans d'autres groupes, tiennent un rang élevé dans le phylum des *Anthyllis*.

Les conclusions de ce remarquable travail démontrent le fait déjà signalé par Lamarck, que la subordination des caractères est toute relative, la dignité de chacun d'eux variant beaucoup selon les plantes considérées.

Les anomalies végétales ont longuement retenu l'attention du docteur Vuillemin et en 1926 il publiait un traité intitulé *Les anomalies végétales, leur cause biologique*, dans lequel il considère les anomalies végétales à un point de vue tout à fait nouveau.

Dans toute sa vie le docteur Paul Vuillemin s'est montré le botaniste sagace ayant exploré avec succès les principaux chapitres de la botanique. En 1918, Paul Vuillemin donnait pour les *Comptes rendus* plusieurs Notes sur *les principes de la classification végétale* que ne pourront oublier les botanistes de l'avenir.

Avec le décès de Paul Vuillemin, l'Académie perd l'un de ses plus actifs correspondants.

Au nom de l'Académie, j'adresse à Madame Paul Vuillemin et à sa famille toutes nos condoléances et l'expression de notre vive sympathie dans le deuil qui vient de les frapper.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La mémoire organique* (*addition latente, anaphylaxie, etc.*). Note (¹) de M. **Charles Richet**.

I. On regarde en général la mémoire comme un phénomène *uniquement* psychologique. On a raison si par le mot mémoire on veut indiquer phénomène conscient. Mais il me paraît qu'il faut donner au mot mémoire un sens beaucoup plus large. Il devrait s'appliquer à tout souvenir, organique ou psychologique, conscient ou inconscient.

Je vais essayer de prouver que toutes les cellules vivantes sont, ainsi que les cellules nerveuses cérébrales, capables de souvenir — autrement dit de mémoire — ; car elles ont gardé une trace, plus ou moins durable, du choc qu'elles ont senti et de l'excitation qui les a frappées. Elles ont donc le souvenir du passé, c'est-à-dire la mémoire.

II. Il y a maintes années (1876), j'ai pu établir un fait, maintenant classique, que j'ai appelé *addition latente*, ou mémoire élémentaire.

Quand les cellules de la moelle (ou du cerveau) ont été excitées par une excitation électrique *isolée*, assez faible pour ne pas provoquer de réaction immédiate, il suffit de répéter à des intervalles de moins d'une seconde cette excitation (inefficace, si elle est seule) pour que les cellules finissent par

(¹) Séance du 27 juin 1932.

répondre. Bien entendu, il faut prendre des excitations qui sont à la limite de la non-réponse immédiate.

Même avec le muscle, on obtient encore cette addition latente, comme en témoignent de très beaux tracés myographiques, caractéristiques.

Ainsi les cellules nerveuses et les cellules musculaires ont conservé le *souvenir* de l'excitation première. Peu importe que cette mémoire élémentaire ne dure qu'une ou deux secondes. Cette trace qui persiste, fût-ce pendant un temps assez court, c'est un souvenir, donc une mémoire.

III. Il est un autre phénomène de mémoire organique qui dure beaucoup plus longtemps. Il paraît au premier abord assez différent de l'addition latente; mais on doit admettre qu'il implique aussi une sorte de souvenir.

Il s'agit de l'anaphylaxie, ce phénomène assez singulier, aujourd'hui bien connu, et sur lequel il me paraît inutile d'insister.

Quand certains poisons ont été introduits dans un organisme, ils l'ont touché de telle sorte que, même au bout de plusieurs mois, voire de plusieurs années, l'organisme a été sensibilisé à ces poisons.

On peut comparer à l'anaphylaxie le phénomène inverse de la vaccination (phylaxie), jennérienne ou autre, qui rend un organisme, même pendant plusieurs années, réfractaire à la maladie vaccinante.

IV. Il m'a été donné de constater, même chez les cellules microbiennes les plus simples, un fait analogue de mémoire élémentaire. Par exemple, si l'on cultive un ferment lactique dans un milieu nutritif contenant de l'arseniate de potassium, puis si, 48 heures après, on fait pousser ce même ferment dans un milieu normal, alors on observe ce fait *très étrange*, que, même pendant une année après des ensemencements successifs, sur milieu normal, faits tous les deux jours, la cellule du ferment lactique a conservé le souvenir de son fugitif et ancien passage en milieu arsenical, car son accoutumance à l'arsenic est restée plus grande que celle du ferment qui n'a pas passé par un milieu arsenical. C'est un magnifique exemple de mémoire organique prolongée, après environ 50 000 (*sic*) générations successives.

V. Il n'est pas permis de dire qu'il n'y a pas quelque parité entre une réaction psychologique et une réaction physiologique (c'est-à-dire physico-chimique), car l'une et l'autre sont du même ordre. Il est en effet certain que les réactions psychologiques relèvent de phénomènes physico-chimiques, à savoir une modification quelconque, morphologique ou fonctionnelle, des cellules nerveuses. De sorte qu'en dernière analyse la mémoire, soit pour les tissus (mémoire inconsciente), soit pour les cellules qui président à l'intelligence (mémoire consciente), consiste toujours en ce fait fondamental,

essentiel, qu'une vibration qui a atteint une cellule ne s'éteint jamais complètement.

N'en est-il pas ainsi pour les phénomènes non biologiques? Les vibrations s'amortissent sans s'anéantir. *Les mers sont encore ébranlées par le sillage des vaisseaux de Cléopâtre.*

VI. De fait, chacune des innombrables et complexes vibrations qui nous frappent laisse sa trace, son souvenir. Elle semble disparaître mais elle persiste. Nous sommes, tant au point de vue psychologique qu'au point de vue physiologique (humoral), une *résultante*, la résultante d'un lointain comme d'un récent passé. Et alors la complication est prodigieuse.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur une méthode d'étude des sérums d'après leur action sensibilisatrice dans la floculation de l'hydrate ferrique.* Note de MM. **Charles Achard, Augustin Boutaric** et **Fernand Morizot.**

La plupart des colloïdes stables (gélatine, albumine, gomme arabique, ...), introduits en très petite quantité dans une solution colloïdale instable, peuvent en augmenter la fragilité vis-à-vis de certains électrolytes. On a proposé de caractériser les divers colloïdes stables par un indice de fer qui traduirait la réduction de stabilité produite par l'addition d'une certaine quantité du colloïde vis-à-vis de la floculation de l'hydrate ferrique par le chlorure de sodium.

Nous nous sommes demandé si l'on ne pourrait pas caractériser d'une manière analogue les sérums, suivre les transformations qu'ils sont susceptibles d'éprouver sous certaines influences notamment par la chaleur, et déceler les altérations qui résultent d'états pathologiques.

Comme agent floculant nous avons utilisé l'azotate de potassium et déterminé la durée de floculation en mesurant d'une manière précise, au spectrophotomètre, le temps que met le mélange à atteindre son opacité limite.

Le mode opératoire est le suivant :

1° A 10^{cm^3} du sol d'hydrate ferrique, on ajoute 10^{cm^3} d'eau distillée et 10^{cm^3} d'une solution de NO^3K dont la concentration a été choisie par tâtonnement de manière à produire la floculation au bout de 60 minutes;

2° A 10^{cm^3} du même sol d'hydrate ferrique on ajoute 10^{cm^3} d'une solution très diluée de sérum (obtenue en diluant 1^{cm^3} du sérum dans 100 litres d'eau), 10^{cm^3} de la même solution de NO^3K et l'on détermine la durée t de la floculation.

Cette durée t est dans tous les cas très nettement inférieure à 60 minutes [1]. Pour un sérum de cheval, de bœuf ou un sérum humain d'un sujet considéré comme normal, elle varie entre 21 et 22 minutes et peut être prise en moyenne égale à 21 min 30 sec.

Le chauffage du sérum diminue l'action sensibilisatrice exercée par celui-ci sur la floculation de l'hydrate ferrique, comme le montrent les nombres du tableau suivant, qui donne les durées de floculation de l'hydrate ferrique additionné d'un sérum de cheval non chauffé ou chauffé à diverses températures pendant des temps différents.

	Température de chauffage.		
Durée de chauffage.	55°.	60°.	62°.
Non chauffé	22	22	22
Chauffé 1 heure	28	38	40
Chauffé 2 heures	38	40	»
Chauffé 3 heures	40	40	»

On voit qu'un sérum chauffé 3 heures à 55° se comporte sensiblement comme un sérum chauffé 2 heures à 60° ou 1 heure à 62°. Il semble qu'il y ait continuité dans les transformations produites par une élévation de température à partir de 55°, toute élévation de température pour une même durée de chauffage, ou tout accroissement de la durée de chauffage pour la même température diminuant l'activité du sérum vis-à-vis du phénomène considéré.

Nous avons comparé l'action produite par divers sérums à celle qu'on obtient avec les protéines séparées d'un certain volume des mêmes sérums au moyen de la méthode à l'acétone de M. Maurice Piettre et mises ensuite en suspension dans l'eau de manière à obtenir un volume de suspension égal au volume de sérum d'où les protéines avaient été extraites. Nous avons ainsi constaté que les suspensions obtenues à partir des protéines séparées de leur sérum par la méthode à l'acétone exercent exactement, sur la floculation de l'hydrate ferrique, la même action accélératrice que les sérums eux-mêmes. Ce résultat constitue un nouvel argument s'ajoutant à d'autres que nous avons déjà signalés, en faveur de l'hypothèse que la

[1] L'hydrate ferrique utilisé (0g,6 de Fe^2O^3 par litre) a été préparé par hydrolyse à chaud d'une solution de chlorure ferrique et dialysé 8 jours. De faibles variations dans la constitution de l'hydrate ferrique sont sans influence sur les résultats obtenus à condition d'utiliser toujours la quantité de NO^3K qui détermine la floculation en 60 minutes.

séparation des protéines par la méthode à l'acétone n'altère pas l'intégrité de celles-ci.

Nous avons étudié, du même point de vue, divers sérums thérapeutiques mis aimablement à notre disposition par le docteur Ramon. Ces sérums nous ont été fournis à l'état de sérums non chauffés et à l'état de sérums chauffés 1 heure au bain-marie à 55°-56°. Les nombres suivants donnent les durées t de floculation de l'hydrate ferrique obtenues comme précédemment, en présence de quelques sérums.

Nature des sérums.	Sérums non chauffés.	Sérums chauffés.
	min	min
Sérum antidiphtérique	25	30
» antigangréneux	27	30
» antivenimeux	27	31
» antitétanique	28	32
» antidysentérique	28	33
» antipneumococcique	32	36
» antistreptococcique	32	35

L'action accélératrice, exercée par les sérums thérapeutiques sur la floculation de l'hydrate ferrique, varie avec la nature des sérums, mais est toujours nettement inférieure à celle exercée par le sérum de cheval normal. Dans tous les cas, on retrouve que l'action du chauffage diminue le pouvoir accélérateur du sérum sur la floculation de l'hydrate ferrique.

Quelques essais préliminaires nous ont permis de constater que des sérums de sujets syphilitiques exerçaient sur la floculation de l'hydrate ferrique une action sensibilisatrice inférieure à celles que donnent les sérums de sujets normaux, tandis que les sérums de sujets cancéreux ne se différencient pas nettement des sérums de sujets normaux du point de vue envisagé. Nous poursuivons ces recherches.

FONCTIONS HARMONIQUES. — *Propriétés des fonctions harmoniques dans un domaine ouvert limité par des surfaces à courbure bornée.* Note (1) de **M. C. de la Vallée Poussin.**

1. Nous considérons un domaine spatial D d'un ordre de connexion quelconque. Sa frontière S peut être formée d'une ou plusieurs surfaces

(1) Séance du 27 juin 1932.

séparées, mais soumises à la condition essentielle d'être *à courbure bornée*. Le domaine D est d'un seul tenant.

L'unité de masse étant localisée en un point P de l'intérieur du domaine D, si l'on *balaye* le domaine, cette masse se répartit sur la frontière S suivant une couche dont la densité ρ au point Q de S est une fonction $\rho(Q, P)$ des deux points. Cette fonction est continue. On le prouve en imitant les démonstrations que j'ai données pour le cas du plan dans une Note récente [*Utilisation de la méthode du balayage dans la théorie de la représentation conforme* (*Bull. classe des Sc. de l'Acad. R. de Belgique*, 5e série, 18, avril 1932, p. 385-400). — Toute cette Note s'appuie sur notre Mémoire sur l'*Extension de la méthode du balayage de Poincaré* (*Ann. de l'Institut H. Poincaré*, 2, III, 1932, p. 169-232)]. On prouve par des raisonnements analogues que la densité $\rho(Q, P)$, peut se décomposer par la formule

$$\rho = \frac{1}{2\pi}\frac{\cos\theta}{r^2} + \xi,$$

où r est le rayon PQ, θ son inclinaison sur la normale extérieure au point Q, et ξ une quantité qui peut croître indéfiniment avec $1 : r$, mais est au plus de l'ordre de $1 : r$. On s'assure aisément que la densité ρ ne peut s'annuler sur les surfaces de la nature supposée.

En s'appuyant sur ces résultats, on établit les théorèmes suivants :

2. Si l'on se donne *à priori* une fonction d'ensemble superficiel F sur la surface S et que cette fonction soit additive et à variation bornée, l'intégrale de Stieltjes sur la surface S

$$\text{(1)} \qquad U(P) = \int\int_S \rho(Q, P)\, dF$$

définit une fonction harmonique du point P dans le domaine ouvert D.

La fonction F est générale. Elle peut être absolument continue ou non et même discontinue [1].

3. Si le point P tend vers un point Q_0 de la frontière S, soit en suivant la normale en ce point, soit sur une oblique non tangente, U(P) tend vers la dérivée $F'(Q_0)$ de F en tout point Q_0 de la surface où cette dérivée est existante et finie (quelle qu'en soit la définition), donc *presque partout*.

---

(1) J'admets ici les définitions données dans mon Ouvrage : *Intégrales de Lebesgue, Fonctions d'ensemble, Classes de Baire* (Coll. Borel, 1916). Nous utilisons les théorèmes exposés dans la *deuxième partie*. Ces théorèmes s'appliquent aux ensembles plans, mais l'extension aux surfaces courbes est immédiate.

4. Si une fonction harmonique bornée U(P) est *bornée* dans le domaine ouvert D, elle définit sur la frontière une fonction d'ensemble F additive et absolument continue ([1]). La fonction U(P) s'exprime par la formule (1) au moyen de F.

Si P tend vers un point Q_0 de la frontière, U(P) tend donc *presque partout* vers $F'(Q_0)$ qui peut s'appeler $U(Q_0)$.

Il suit de là que si l'on remplace S par une surface intérieure infiniment voisine S′, on a, à la limite, la formule étant vraie pour S′,

$$U(P) = \int\int_S \rho U \, dS. \tag{2}$$

Donc toute fonction harmonique bornée dans le domaine ouvert D s'exprime par une intégrale de Lebesgue sur la frontière S (celle qui résout le problème généralisé de Dirichlet).

5. Si une fonction harmonique U(P) est *positive et non bornée* dans le domaine ouvert D, elle définit encore sur la frontière une fonction F d'ensemble, positive et additive, et elle s'exprime encore par la formule (1). Mais il existe un ensemble singulier E de mesure nulle sur lequel F ne s'annule pas, et cette fonction n'est plus absolument continue.

La fonction F d'ensemble superficiel est complètement définie par ses valeurs sur la famille des aires σ sur le contour desquelles F ne s'annule pas. La fonction U est donnée sur une aire σ' intérieure à D et infiniment voisine de σ, et elle détermine la fonction F par la formule (toujours convergente)

$$F(\sigma) = \lim \int\int_{\sigma'} U \, d\sigma'.$$

Nous dirons que la fonction F définie par cette formule est la *primitive* de la fonction U sur la frontière.

Réciproquement, si l'on donne *a priori* sur S une fonction F d'ensemble, positive et additive, elle détermine par la formule (1) une fonction harmonique positive dans D dont elle est la *primitive*. La correspondance entre les fonctions harmoniques positives dans D et les fonctions positives et additives d'ensemble sur la frontière S est donc biunivoque.

6. La fonction d'ensemble F la plus générale est la somme de trois fonctions : F_1 absolument continue, F_2 seulement continue et F_3 discon-

---

([1]) Cette définition peut se faire comme celle de la *primitive* dans l'article 5 suivant.

tinue. La fonction F_2, dite *singulière*, est nulle sauf sur un ensemble E de mesure nulle, et la fonction F_3, dite *des sauts*, est nulle sauf sur un ensemble dénombrable de points. D'après cela, la fonction U, harmonique et positive, la plus générale dans D ouvert, est la somme de trois autres, la première U_1 exprimable par une intégrale de Lebesgue de la forme (2), la seconde U_2 par une intégrale de Stieltjes de la forme (1) étendue à l'ensemble des singularités E de mesure nulle, la troisième par la série

$$\Sigma \alpha_k \rho(Q_k, P)$$

étendue aux points de discontinuité Q_k de F et aux sauts α_k correspondants.

Les démonstrations détaillées de ces théorèmes seront publiées dans une Revue spéciale.

CHIMIE. — *Contribution à l'étude des éthers de l'acide arsénieux.* Note de MM. **Paul Pascal** et **André Dupire**.

Le premier éther arsénieux a été préparé par Craft [1], dans l'action du silicate d'éthyle sur l'anhydride As^2O^3; Craft et Schiff [2], entre autres, ont ensuite obtenu les arsénites de méthyle, éthyle et propyle, à partir des iodures d'alcoyle et de l'arsénite d'argent ou du bromure d'arsenic et des alcoolates.

L'éthérification directe des alcools par l'anhydride, tentée avec la glycérine par Pagel, exige la mise en œuvre d'un déshydratant ou l'entraînement continu de l'eau résultante. Dans le premier ordre d'idées, V. Auger [3] utilise le carbure de calcium et isole les arsénites de propyle, butyle et isobutyle. Lang, Mac Key et Gartner [4] emploient le sulfate de cuivre anhydre et signalent la formation de 13 éthers, diversement colorés, mais n'en donnent que 6 densités et points d'ébullition, avec un seul indice de réfraction.

Dans le but de calculer les modules réfractométrique et magnétique de l'arsenic, nous avons rendu pratique l'éthérification directe de l'anhydride

(1) Craft, *Comptes rendus*, 64, 1867, p. 700.
(2) Craft et Schiff, *Bulletin de la Société chimique*, 14, 1870, p. 99.
(3) Auger, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 238, et 143, 1906, p. 907.
(4) Lang, Mac Key et Gartner, *Journal of Chemical Society*, 93, 1908, p. 1364.

arsénieux et, grâce à la possession de quantités massives d'alcools remarquablement purs, nous avons fréquemment atteint les rendements théoriques et un degré de pureté exceptionnel chez les éthers.

Le dispositif adopté consistait en un ballon de pyrex à tubulures multiples, laissant passer un agitateur à joint de mercure (200-300 tours-minute), un entonnoir de remplissage à robinet, un thermomètre, avec une tubulure destinée au départ et au retour des vapeurs. Le mélange d'alcool et d'anhydride porcelanique était additionné d'un liquide entraîneur convenable : benzène, toluène, xylène, ... et la condensation des vapeurs dans un organe de condensation permettait de suivre l'opération. L'hydrocarbure, conduit par un trop-plein, traversait une couche de sulfate cuivrique anhydre avant de revenir dans le ballon à réaction.

Avec les alcools isoamylique, benzylique, cinnamique, avec le glycol, la glycérine et le cyclohexanol, le départ d'eau est très rapide et le carbure en ramène peu au sulfate de cuivre. Dans le cas des alcools propylique et butylique primaire, avec les mono-éthers du glycol, les phénols, le méthyl-2-pentanol-4, la réaction est plus lente et une fraction appréciable de l'eau (environ 1/5), dissoute ou dispersée dans l'entraîneur, est entraînée sur le déshydratant. L'alcool butylique secondaire et la monochlorhydrine du glycol sont éthérifiés avec une extrême lenteur et toute l'eau reste dans le sulfate de cuivre. L'alcool éthylique est totalement réfractaire, l'alcool méthylique entraîne l'anhydride et rend le procédé inutilisable.

Menées chaque fois avec des charges d'alcool de l'ordre de 1^{kg} ou de $0^{kg},5$, les opérations ont permis des rectifications soignées, sauf dans le cas de l'éther cinnamique indistillable. Il faut naturellement opérer sous pression très réduite en évitant toute surchauffe et l'on obtient alors des liquides absolument incolores, dont certains cristallisent facilement (éthers du glycol, du cyclohexanol, des phénols) ou se concrètent en un verre polymérisé (éther de la glycérine).

Nous groupons sous forme de tableau les points d'ébullition, les densités, les indices pour la raie D et le pouvoir réfringent R_{As} (formule au n^2) calculé pour As, auquel s'ajoutent la susceptibilité moléculaire χ_m et le rôle magnétique calculé χ_{AsO^3} du radical AsO^3.

Éthers des alcools.	Éb. (° mm)	d_t (°)	n_D (°)	R_{As}	$10^6 . \chi_m$	$10^6 . \chi_{AsO^3}$
Propanol-1	96/10	1,114/23	1,4391/20	7,77	154,1	37,4
Butanol-1	145/15	1,075/18	1,4446/20	7,59	189,5	38,4
Isobutanol	125/15	1,058/22	1,4288/21	6,46	194,3	38,7
Butanol-2	109-15	1,165/22	1,4572/19	5,81	191,1	38,5
Isopentanol	159/12	1,029/22	1,4448/20	7,65	227,2	39,0
Méthyl-2-pentanol-4	160/11	0,997/18	1,4431/21	10,27	250,6	26,8
Glycol (F = 35°,4)	184/6	1,888/15	1,5318/21	7,05	137,3	33,0
Méthoxyéthanol	160/10	1,277/19	1,4608/19	7,92	156,9	27,6
Éthoxyéthanol	195/10	1,204/20	1,4552/20	7,76	204,9	38,7
Butoxyéthanol	266/10	1,104/20	1,4541/20	7,36	275,2	39,1
Chloréthanol	170/8	1,568/20	1,5120/19	9,90	175,5	44,7
Cyclohexanol (F = 43°)	209/5	1,223/45	1,4950/45	7,34	–	–
Méthylcyclohexanol-1.4	225/10	1,114/20	1,4896/20	8,24	278,3	38,1
Glycérine	110/2	1,998/20	1,5132/20	6,02	–	–
Phénylméthanol	290/35	1,281/20	1,5800/21	6,61	243,6	46,1
Cinnamique	–	1,243/19	1,6140/19	9,85	258,7	28,1

L'invariance du module réfractométrique de l'arsenic est moins générale que celle du module magnétique calculée pour le radical AsO^3. Ces deux caractéristiques physiques paraissent particulièrement sensibles aux causes usuelles d'exaltation ou de dépréciation : noyaux aromatiques, chaînes fermées carbonées ou hétérocycliques, liaisons multiples, substitutions halogénées. Enfin des résultats tout à fait inattendus sont offerts par les éthers des alcools tertiaires ou du méthoxyéthanol. Nous y reviendrons quand nous aurons achevé l'étude de la réaction de l'anhydride arsénieux sur les phénols, certains polyalcools ou les éthers-sels des hydroxyacides.

M. **Jean Perrin** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Paul Couderc, intitulé *L'Architecture de l'Univers*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Pierre Fleury, intitulé *Étalons photométriques*, dont il a écrit la *Préface*, et s'exprime en ces termes :

L'établissement d'un ensemble cohérent d'unités photométriques exige la définition d'une unité fondamentale, qui pourrait théoriquement être l'une quelconque des unités, mais qui, pour des raisons d'ordre pratique,

est toujours l'unité d'intensité lumineuse. La réalisatiou d'un étalon qui matérialise cette unité est un problème très difficile qui a donné lieu à de nombreuses recherches et qui est encore, en ce moment, l'objet d'importants travaux de laboratoire. M. Fleury donne un excellent exposé des diverses solutions adoptées ou proposées.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **M. d'Ocagne** est élu membre de la Commission des bibliothèques de l'Institut en remplacement de M. *G. Bigourdan* décédé.

Par la majorité absolue des suffrages, sont réélus membres de la Commission technique de la *Caisse des Recherches scientifiques :* 1re Section : MM. **E. Quénu**, **E. Bouvier**, **P. Viala**, **L. Mangin**; 2e Section : MM. **Émile Picard**, **A. Lacroix**, **H. Le Chatelier**, **M. Brillouin**; 3e Section : M. **Émile Picard**.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *G. Bigourdan*, pour la première ligne, M. *Ernest Esclangon* obtient 36 suffrages contre 1 à M. *Armand Lambert*; pour la seconde ligne, M. *Armand Lambert* réunit l'unanimité de 34 suffrages.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Ernest Esclangon**.
En seconde ligne .... M. **Armand Lambert**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Santé publique** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui occupera, dans la *Commission permanente des Stations hydrominérales et climatiques*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. *A. d'Arsonval*, qui est rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L. Driencourt et J. Laborde. *Traité des projections des cartes géographiques à l'usage des Cartographes et des Géodésiens : Théorie générale des projections; Choix et mode d'emploi des projections pour la construction des cartes géographiques; Emploi des projections limitées aux termes du troisième ordre en Géodésie*, par L. Driencourt. *Théorie de la représentation conforme, Emploi des projections rigoureusement conformes en Géodésie*, par J. Laborde. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

2° Richard Goldschmidt. *Le déterminisme du sexe et l'intersexualité.* (Présenté par M. M. Caullery.)

3° Paul Couderc. *Dans le champ solaire.* (Présenté par M. J. Perrin.)

4° G. Ichok. *Études sur la population française.* (Présenté par M. A. Calmette.)

5° Andrew N. Meldrum. *Lavoisier's three notes on combustion : 1772.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines familles de surfaces.* Note (¹) de M. P. Vincensini.

Nous avons montré (²) que la recherche des congruences rectilignes admettant même surface moyenne et même enveloppée moyenne, se ramène à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre, dont la forme dépend surtout de la surface moyenne.

(¹) Séance du 27 juin 1932.

(²) P. Vincensini, *Sur les congruences rectilignes à enveloppée moyenne donnée*, § 2 (*Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3ᵉ série, 21, 1929, p. 1).

Si la surface moyenne est plane, l'équation est linéaire et s'intègre par une quadrature.

On sait d'autre part comment, en établissant une correspondance par éléments linéaires orthogonaux entre une surface quelconque (S) et le plan xOy, on peut déduire de (S) une congruence à surface moyenne plane.

Nous nous proposons de déterminer ici toutes les équations aux dérivées partielles du premier ordre (E), jouissant de cette propriété que les congruences à surface moyenne plane associées aux surfaces intégrales d'une même équation admettent la même enveloppée moyenne.

Cette enveloppée moyenne se trouvera toujours définie tangentiellement dès que (E) sera choisie. On en déduira par une quadrature les congruences associées qui dépendront d'une fonction arbitraire (*Mémoire cité*). Une deuxième quadrature fera connaître les surfaces (S) solutions de l'équation (E), qui se trouvera ainsi intégrée géométriquement.

Prenons (E) sous la forme $E(x, y, z, p, q) = 0$. Soit $S(x, y, z)$ une solution de E. La congruence associée à (S) a pour équations

$$\frac{\xi + y}{p} = \frac{\eta - x}{q} = \frac{\zeta}{-1}.$$

Les plans moyens relatifs aux rayons de même direction (p, q) des congruences associées aux différentes surfaces (S) ont pour équations

$$pX + qY - Z = qx - py. \tag{1}$$

Pour que les congruences associées aux surfaces (S) aient la même enveloppée moyenne, il faut et il suffit que le plan (1) ne dépende que de p et de q. Les différentes familles de surfaces (S) sont donc définies par les équations de la forme

$$E \equiv qx - py - \mathcal{F}(p, q) = 0. \tag{2}$$

La distance à l'origine, du plan moyen relatif au rayon (p, q) des congruences associées aux surfaces (S) solutions d'une même équation (E), est

$$d = \frac{\mathcal{F}(p, q)}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}.$$

La connaissance de d entraîne, comme nous l'avons montré dans le Mémoire cité, les équations des congruences correspondantes qui sont de la forme

$$\xi = \xi(p, q, \theta), \qquad \eta = \eta(p, q, \theta);$$

ξ et η étant les coordonnées, dans le plan xOy, du point central du rayon de paramètres directeurs p, q, -1; coordonnées qui dépendent d'une même fonction arbitraire θ de p et de q.

La surface (S), génératrice de la congruence ci-dessus, est définie par

$$(3)\quad \begin{cases} x = \quad \eta = \quad \eta(p, q, \theta), \\ y = -\xi = -\xi(p, q, \theta), \\ z = \int (p\, d\eta - q\, d\xi). \end{cases}$$

Les équations (3) définissent les surfaces intégrales de l'équation $E = 0$.

Nous avons rencontré des équations de la forme (2), dans un certain nombre de problèmes, que nous nous proposons d'étudier dans un Mémoire où nous montrerons l'intérêt qu'il peut y avoir, au point de vue géométrique, à associer les équations (E) et les congruences à surface moyenne plane.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — *La déformation de l'espace dans la théorie de la relativité.* Note de M. **Georges Darmois**, présenté par M. Élie Cartan.

Nous compléterons ici une Note précédente, par l'indication de résultats relatifs à une déformation non homothétique de l'espace. Nous donnons en même temps quelques références bibliographiques qui n'avaient pu trouver place dans cette première Note [1].

Il est naturel de ne pas se borner à une déformation aussi spéciale que la déformation homothétique [2]. En particulier, on peut rechercher une déformation qui, en un point de l'espace, possède une direction privilégiée.

---

[1] A. Friedman, *Zeits. für Phys.*, **10**, 1922, p. 377; G. Lemaitre, *Annales Soc. Scientif. Bruxelles*, **47**, A, 1927, p. 49, traduction dans *Monthly Notices*, **91**, 1931, p. 48; W. de Sitter, *Proceed. Nat. Ac. of Sci. Washington*, **16**, 1930, p. 474; *Bull. astron. Netherlands Haarlem*, **5**, 1930, nos **185**, **193**, **200**; H. D. Robertson, *Proceed. Nat. Ac. of Sci.*, **15**, 1929, p. 822; R. C. Tolman, *Proceed. Nat. Ac. of Sci.*, **15**, 1929, et **16**, 1930 (plusieurs Notes); W. H. Mac Crea et G. C. Mac Vittie, *Monthly Notices*, **91**, 1930, p. 128, et **92**, 1931, p. 7; A. S. Eddington, *Monthly Notices*, **90**, 1930, p. 668, et **92**, 1931, p. 3; G. Juvet, *Commentarii mathem. Helvetici*, **3**, 1931, p. 154; A. Einstein, *Sitzungsberichte Berlin*, **12**, 1931, p. 235.

[2] La déformation homothétique pour un espace de révolution a été étudiée par G. Juvet (*loc. cit.*).

Nous donnerons un système de formules assez simples, relatives à la forme quadratique

$$dS^2 = dx_4^2 - e^{2m}\,dx_1^2 - e^{2n}[dx_2^2 + \sin^2 x_2\,dx_3^2],$$

m et n sont des fonctions de x_1 et de x_4. On désignera par exemple par n_{14} la dérivée partielle $\partial^2 n/\partial x_1\,\partial x_4$.

Dans ces conditions, on aura

$$\varkappa T_1^1 = 2n_{44} + 3n_4^2 - \lambda - \frac{\gamma}{2} - \gamma_{11} e^{-2m},$$

$$\varkappa T_2^2 = \varkappa T_3^3 = m_{44} + n_{44} + m_4^2 + m_4 n_4 + n_4^2 - \lambda - \frac{\gamma}{2} - \gamma_{22} e^{-2n},$$

$$\varkappa T_4^4 = n_4^2 + 2m_4 n_4 - \lambda - \frac{\gamma}{2},$$

$$\varkappa T_{14} = -2n_{14} + 2n_1(m_4 - n_4),$$

$$\gamma_{11} = -2(n_{11} + n_1^2 - m_1 n_1),$$

$$\gamma_{22} = -e^{2(n-m)}[n_{11} + 2n_1^2 - m_1 n_1] + 1,$$

$$\gamma = 2e^{2m}[2n_{11} + 3n_1^2 - 2m_1 n_1] - 2e^{-2n}.$$

Les deux coefficients de déformation sont m_4 et n_4, et l'on obtient la déformation homothétique en les faisant égaux. On pourrait donc étudier par ces formules des déformations voisines de la déformation homothétique.

On peut signaler comme conséquence particulière de ces formules que l'espace ainsi obtenu sera euclidien à chaque instant si m et n satisfont à la relation

$$m = n + \operatorname{Log} n_1.$$

La composante T_{14} est alors nulle. Si l'on veut que l'espace soit euclidien à chaque instant et que la déformation soit homothétique on trouve la solution considérée tout récemment par Einstein et de Sitter (¹), où l'on a

$$dS^2 = dx_4^2 - R^2[dx_1^2 + x_1^2(dx_2^2 + \sin^2 x_2\,dx_3^2)]$$

et qui rend compte avec les hypothèses les plus simples des résultats actuels de l'observation.

(¹) A. Einstein et W. de Sitter, *Proceed. Nat. Ac. of Sci.*, 18, 1932, p. 213. Voir aussi O. Heckmann, *Gött. Nachr. Mathem. Phys. Klasse*, Heft 2, 1931, p. 126.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles, au sens de M. Picard et de M. Nevanlinna, des fonctions méromorphes.* Note [1] de M. **Georges Calugaréano.**

Nous allons indiquer une opération simple permettant de former des fonctions méromorphes à valeurs exceptionnelles au sens de M. Nevanlinna en partant de fonctions méromorphes ayant autant de valeurs exceptionnelles au sens de M. Picard.

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe pour laquelle α est valeur exceptionnelle au sens précédent. Formons la fonction méromorphe $F(z) = R_q[f(z)]$, où l'on désigne par $R_q(u)$ une fonction rationnelle quelconque de degré q en u. Nous montrerons que $\alpha' = R_q(\alpha)$ *est une valeur exceptionnelle pour* $F(z)$, *au sens de M. Nevanlinna, le défaut étant en général* k/q, $k =$ entier $\leqq q$. *D'une manière générale, si* α *est valeur exceptionnelle de défaut* δ *pour* $f(z)$, α *est une valeur exceptionnelle de défaut* $k\delta/q$ *pour* $F(z)$. On peut choisir la fraction rationnelle R_q de manière que l'entier k prenne telle valeur que l'on veut, avec $0 < k \leqq q$. Il en résulte qu'il existe des fonctions méromorphes à valeur exceptionnelle dont le défaut est égal à un nombre rationnel quelconque < 1.

On commence, pour le démontrer, par établir une relation entre les fonctions caractéristiques des fonctions $f(z)$ et $F(z)$. Cette relation a été donnée par M. Valiron [2]; pour une fonction $R_q[z, f(z)]$, rationnelle de degré q par rapport à z et à $f(z)$, on a

$$(1) \qquad T[r, R_q(z, f)] = q\,T[r, f] + O(\log r).$$

On trouve, dans le cas qui nous intéresse ici (R_q ne dépend que de f), par le même raisonnement,

$$(2) \qquad T(r, F) = q\,T(r, f) + O(1).$$

Considérons maintenant l'équation $R_q(u) - x = 0$, que nous écrirons

$$(3) \qquad [u - u_1(x)][u - u_2(x)]\ldots[u - u_q(x)] = 0.$$

L'équation $F(z) - x = 0$ ou $R_q[f(z)] - x = 0$ s'écrit donc

$$[f(z) - u_1(x)][f(z) - u_2(x)]\ldots[f(z) - u_q(x)] = 0.$$

---

[1] Séance du 6 juin 1932.

[2] Voir G. Valiron, *Sur les fonctions algébroïdes* (*Bull. de la Soc. math. de France*, 49, 1931, p. 34).

On aura

$$n\left(r, \frac{1}{F-x}\right) = n\left(r, \frac{1}{f-u_1}\right) + n\left(r, \frac{1}{f-u_2}\right) + \ldots + n\left(r, \frac{1}{f-u_q}\right),$$

et, en intégrant,

$$N\left(r, \frac{1}{F-x}\right) = \sum_{\nu=1}^{q} N\left[r, \frac{1}{f-u_\nu(x)}\right].$$

Enfin

$$(4) \qquad \frac{N\left(r, \frac{1}{F-x}\right)}{T(r, F)} = \frac{1}{q}\sum_{\nu=1}^{q} \frac{N\left[r, \frac{1}{f-u_\nu(x)}\right]}{T(r, f)+O(1)},$$

formule qui nous permet de conclure.

On peut choisir la fraction rationnelle $R_q(u)$ de telle manière que l'équation (3) admette k racines égales à α pour $x = \alpha' = R_q(\alpha)$. La somme du second membre de (4) contient alors k termes qui $\to 0$ et les autres $\to 1$ pour $r \to \infty$. Ainsi, $\delta(\alpha') = k/q$. On voit d'une manière analogue que, α étant une valeur exceptionnelle de défaut $\delta < 1$, la même formule nous fournit un défaut $\delta' = k\delta/q$ pour $F(z)$.

Voici une autre remarque intéressante : α étant une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard, on sait qu'elle est en même temps valeur asymptotique pour $f(z)$. Il en résulte immédiatement que $\alpha' = R_q(\alpha)$ est valeur asymptotique pour $F(z)$ et il suffit, pour le voir, de suivre les valeurs de $F(z)$ le long du chemin de détermination α de $f(z)$. On forme donc ainsi des fonctions à valeur exceptionnelle de défaut aussi petit que l'on veut et qui sont en même temps des valeurs asymptotiques.

M. Rolf Nevanlinna [1] a donné un procédé qui permet de construire des fonctions méromorphes $f(z)$ admettant m valeurs quelconques $a_1, a_2, \ldots, a_m$ comme valeurs exceptionnelles de défauts égaux à $2/m$. Considérons les fonctions $F(z) = R_q[f(z)]$. Ces fonctions ont les valeurs exceptionnelles $a'_\nu = R_q(a_\nu)$, au nombre de m, de défauts $2k_1/mq$, $2k_2/mq$, $\ldots$, $2k_m/mq$, les entiers k_ν, dont la somme ne dépasse pas q, pouvant d'ailleurs être choisis arbitrairement. On peut donc former des fonctions méromorphes admettant les valeurs exceptionnelles $a'_1, a'_2, \ldots, a'_m$ choisies arbitrairement, de défauts rationnels quelconques mais $\leqq 2/m$.

---

[1] Voir R. NEVANLINNA, *Acta mathematica*, 55, 1930, p. 259.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le problème du solide mobile autour d'un point fixe.* Note de M. **D. Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Soient pour un solide donné S :

M, sa masse ;
O, son centre de gravité ;
E, son ellipsoïde central d'inertie (de Culmann) ;
E', l'ellipsoïde conjugué ;
O_1, un point fixe quelconque.

Considérons le système comprenant :

1° Une masse ponctuelle M_2, concentrée en un point O_2 de la droite OO_1 ; posons $M_2 = kM$, k étant un nombre < 1, choisi arbitrairement.

2° Un solide S_1, de masse $M_1 = (1-k)M$ et tel que le nouveau système soit dynamiquement équivalent au solide donné S.

Nous satisferons à cette condition en déterminant O_2 par la condition $k.\overline{OO_2} + (1-k)\overline{OO_1} = 0$ et en prenant pour ellipsoïde central d'inertie E_1, du solide S_1, une quadrique de centre O_1 et telle que sa quadrique conjuguée appartienne au faisceau tangentiel, défini par la quadrique E' et la sphère de rayon nul O_2.

II. Prise isolément, la masse M_2 se comporterait comme un pendule sphérique fixé au point O_1 ; de son côté, le solide S_1, s'il était seul, exécuterait un mouvement à la Poinsot.

On peut se demander s'il n'est pas possible que, pour certaines conditions initiales, le mouvement de la masse M_2 soit le même que si elle était invariablement liée au solide S_1 exécutant son mouvement propre ; nous pourrons dire alors que le mouvement du solide S, primitivement donné, sera le même que celui de S_1.

Un cas simple se présente immédiatement à l'esprit :

Plaçons *verticalement* un axe de l'ellipsoïde E_1 et lançons le solide S_1 autour de cet axe ; nous savons que le mouvement de S_1 persistera autour de cet axe.

Si, de plus, la vitesse de rotation ω est celle qui correspond à la description d'un parallèle horizontal par la masse M_2, nous pourrons dire que le solide S, lancé autour du même axe, à la même vitesse ω, continuera à tourner autour de cet axe ; l représentant la longueur O_1O_2 et θ, l'angle

de $O_1 O_2$ avec l'axe de rotation, on a

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos\theta}}.$$

Les trois axes de E_1 jouissent de la même propriété, et si l'on désigne par ω_1, ω_2, ω_3 les trois vitesses correspondantes, on a la relation

$$\frac{1}{\omega_1^4} + \frac{1}{\omega_2^4} + \frac{1}{\omega_3^4} = \frac{l^2}{g^2}.$$

III. Appelons Γ la cubique aux pieds des normales issues du point O_2 à l'ellipsoïde E; π le plan antipolaire du point O_1 dans l'ellipsoïde E.

a. Les axes de l'ellipsoïde E_1 sont parallèles aux droites qui joignent O_2 aux intersections de la cubique Γ avec le plan π.

b. Quand varie le nombre k, le point O_2 décrit la droite OO_1, tandis que la cubique Γ demeure sur un cône fixe du second degré dont le sommet est le centre de gravité, et la trace sur le plan π, une certaine conique C.

c. Si, le point O_1 restant fixe, le nombre k varie, les axes de la quadrique E_1 décrivent un cône du second degré D ainsi défini :

L'enveloppe des plans principaux de l'ellipsoïde E_1 est le cône transformé par antipolaire réciproque de la conique C par rapport à l'ellipsoïde central E; le cône D est le cône supplémentaire de ce cône enveloppe; il est confondu avec le cône des normales menées par le point O_1 à l'ellipsoïde E, car il a cinq génératrices communes avec lui.

d. Quand le point O_1 varie dans l'espace, les axes de la quadrique E_1 appartiennent au complexe des normales aux quadriques homofocales de la quadrique centrale E.

IV. Ainsi le cône du complexe relatif à un point donné O_1 comprend les axes de rotation, stable en général, du solide donné primitif, pourvu que ces axes soient *verticaux* et la vitesse angulaire déterminée comme il est dit au paragraphe II.

Parmi ces axes, la droite OO_1 qui joint le centre de gravité au point fixe est un axe pour lequel la rotation est indéterminée; elle peut avoir une valeur absolument quelconque, puisque le solide se trouve en équilibre statique.

Au contraire, pour les deux génératrices du plan normal à OO_1, rectangulaires elles-mêmes, la vitesse de rotation devrait être infinie puisque $\cos\theta = 0$, autrement dit quelle que soit cette vitesse il sera impossible que la rotation se maintienne autour d'un pareil axe.

CHRONOMÉTRIE. — *Synchronisation des balanciers circulaires des chronomètres.* Note de MM. **Salmon-Legagneur** et **Bertrand-Lepaute**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le problème de l'unification de l'heure préoccupe chaque jour davantage les Services publics.

Depuis les travaux de Cornu, de nombreuses solutions ont été proposées qui présentent, chacune, des avantages; mais, que ce soit la distribution de l'heure par horloge mère et horloges réceptrices, véritables compteurs horaires à impulsions successives, ou par horloges indépendantes à remise à l'heure automatique, ou encore par synchronisation des balanciers pendulaires, suivant la méthode préconisée par Foucault dès 1847, toutes ces solutions nécessitent un circuit électrique spécial.

Mais, depuis que Thury, en 1899, utilisa comme horloge des petits moteurs synchrones, branchés sur une distribution d'énergie à fréquence moyenne constante, ce système s'est développé très rapidement, car il présente le grand avantage d'utiliser, pour la distribution de l'heure, les seules canalisations des secteurs de distribution d'énergie électrique, dont la fréquence est maintenue en d'étroites limites, comme c'est le cas actuel, pour les secteurs de la région parisienne où la fréquence moyenne est conservée avec une précision telle qu'une horloge synchrone ne s'écarte jamais de plus de 10 secondes de l'heure de l'Observatoire.

L'emploi des horloges à moteurs synchrones devrait donc normalement se généraliser rapidement.

Toutefois, un des défauts de ce système provient de l'arrêt de tous les appareils en cas d'interruption de courant, et de la complication de la remise à l'heure automatique d'un point central.

On a proposé de doubler la commande électrique d'une commande par ressort ou l'équivalent, mais la complexité des mouvements rend leur généralisation difficile.

La présente Communication a pour objet la synchronisation des échappements à balancier circulaire des chronomètres par courant alternatif de fréquence industrielle.

Dans son Memoire sur la synchronisation électromagnétique, A. Cornu n'insiste pas sur le cas particulier où la fréquence imposée est un multiple supérieur de la fréquence du mouvement à synchroniser, cas présentant, en électrochronométrie, un intérêt particulier.

Dans le dispositif que nous avons réalisé, on s'affranchit de la nécessité

d'un double mouvement; c'est le même rouage qui est utilisé dans les deux cas.

Nous avons adapté sur le balancier circulaire d'un chronomètre, qui comporte de plus le remontage électrique du ressort (énergie de réserve), un très léger barreau d'acier aimanté, qui, pour la position neutre du balancier, se trouve en face d'un électro-aimant alimenté par le courant alternatif du réseau de distribution. Le barreau subit ainsi une attraction ou une répulsion suivant le sens du courant dans l'enroulement de l'électro-aimant.

Pratiquement, le balancier utilisé a une fréquence 2,5 ; le barreau est en fer doux polarisé par un aimant extérieur et ne pertube pas sensiblement la période propre du balancier. L'action synchronisante est produite par une dérivation du flux magnétique du moteur de remontage alimenté par le courant du réseau.

Si l'on préfère s'affranchir de tout aimant permanent, il est possible d'obtenir la polarisation au moyen d'un électro-aimant alimenté par le courant du réseau redressé convenablement par un redresseur à oxyde de cuivre par exemple.

La vérification du synchronisme peut être réalisée en comparant les trotteuses d'une part d'un mouvement à échappement synchronisé, et d'autre part d'une petite horloge à moteur synchronisé, toutes deux branchées sur le même réseau.

Une vérification rapide de la synchronisation peut également être réalisée par la méthode stroboscopique avec tube à néon, contrôlé par la fréquence du réseau. Cette méthode présente l'avantage d'un contrôle rapide d'une série de chronomètres dans des conditions particulièrement commodes.

L'application de la méthode décrite permettrait, en plaçant dans chaque centrale électrique une horloge astronomique reliée à un Observatoire, ou à remise à l'heure par les signaux horaires internationaux émis par le poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel, d'obtenir la synchronisation rigoureuse des divers rouages d'horlogerie d'une même ville, ou de toute une région, sans faire intervenir aucun organe mécanique ni aucun dispositif muni de contacts électriques. Il devient ainsi possible d'obtenir, avec les mouvements d'horlogerie les plus ordinaires, une précision équivalente à celle des horloges astronomiques. Un certain nombre de secteurs, et en particulier ceux de la région parisienne, étant déjà contrôlés de cette façon, ainsi que nous l'avons dit plus haut, le dispositif décrit ci-dessus serait applicable dès maintenant.

AÉRODYNAMIQUE. — *De l'utilisation d'hélices ventilateurs à pales orientables pour le réglage de la vitesse du vent dans une soufflerie système Eiffel.* Note [1] de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Léon Guillet.

On emploie habituellement pour faire varier la vitesse du vent dans une soufflerie Eiffel [2] une hélice ventilateur à pales fixes actionnée par un moteur à vitesse variable. Nous avons étudié la méthode qui consisterait à faire varier cette vitesse en modifiant l'orientation des pales du ventilateur tout en laissant fixe la vitesse du moteur; on peut alors remplacer le moteur à vitesse variable (généralement moteur à courant continu alimenté en tension variable à l'aide d'un groupe convertisseur) par un moteur asynchrone convenablement compensé, d'où économie très appréciable sur les frais d'établissement et gain sur le rendement.

Nos essais [3] ont été exécutés dans une petite soufflerie de section circulaire ($D = 32^{cm}$ dans la section d'utilisation), qui possède toutes les caractéristiques des souffleries Eiffel. Toutefois, pour des raisons d'économie et d'encombrement, on s'est contenté de réaliser une section de sortie du diffuseur égale à 2,7 fois la section d'entrée et non à 4 fois comme dans les souffleries Eiffel.

Il en résulte une diminution du rendement de buse et, à égalité de vitesse V dans la section d'utilisation, un accroissement du V/nD du ventilateur, ainsi qu'on peut le vérifier aisément par le calcul. L'hélice de cette soufflerie a $0^m,49$ de diamètre, son moyeu peut recevoir six pales. Les pales utilisées étaient de trois types identiques, sauf sous le rapport du pas réduit qui, constant pour chacun des trois types, prenait les valeurs : 0,8 (1er type), 1 (2e type), 1,5 (3e type). L'hélice était mue par un moteur à courant continu alimenté en tension variable, ce qui nous a permis d'étudier l'influence de l'orientation des pales à différentes vitesses de rotation et de faire une comparaison entre les deux méthodes de variation de vitesse du vent.

---

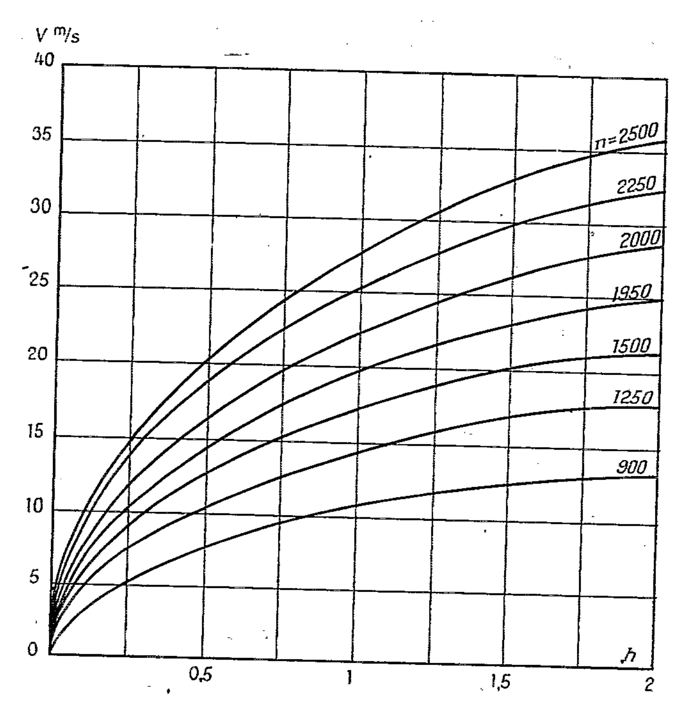
(1) Séance du 13 juin 1932.

(2) Voir la description de ces souffleries dans les ouvrages de M. Eiffel (Chiron, éditeur, Paris).

(3) Nous devons beaucoup aux méthodes mises au point par M. Lapresle, dans ses essais sur les souffleries effectués au Laboratoire d'Auteuil (Rapport 32 du S. T. Aé.).

Quelques résultats en ce qui concerne les vitesses sont représentés dans la figure; celle-ci montre, pour l'hélice munie des pales du deuxième type, la variation de V en fonction de h, pas réduit aux trois quarts du rayon de l'hélice à diverses vitesses de rotation.

Nous avons d'autre part étudié pour les trois types de pales les variations du coefficient de puissance dépensée et du rendement en fonction de h, dont



la valeur, comme on le sait, détermine le V'/nD de l'hélice-ventilateur. Les courbes représentatives sont pour les trois types de pales presque confondues.

Les courbes de coefficient de puissance dépensée ont une allure linéaire pour $0,35 < h < 2,1$, les pales du deuxième type donnent la courbe de plus grande pente. En ce qui concerne les rendements, on constate que le rendement de buse est pour une même hélice très peu influencé par la modification d'orientation des pales, que le rendement de l'hélice ventilateur reste approximativement constant et voisin de sa valeur maximum [1],

[1] Pour les trois types de pales, le rendement semble atteindre sa valeur maximum quand $h = 1,2$; on a alors $V'/nD = 0,57$. Cette valeur maximum est 0,50 pour les pales des premier et deuxième types, 0,48 pour les pales du troisième type.

quand modifiant l'orientation des pales h varie de 0,8 à 2,1, et c'est une circonstance très favorable à l'emploi de la méthode car simultanément la puissance développée dans la section d'utilisation passe du simple au triple, pour $n = 2500$ t/m.

Donc il apparaît que, par l'emploi de notre méthode, il faut, en marche normale, pour actionner le ventilateur une dépense d'énergie inférieure de 20 pour 100 [1] à celle exigée par la méthode habituelle.

Ces divers résultats nous ont conduit à entreprendre l'application de ce système dans une soufflerie de plus grand diamètre (0m,65) que nous venons d'installer et où nous poursuivrons ces essais [2].

En conclusion, l'emploi de cette méthode est particulièrement indiqué pour les petites et moyennes souffleries. On l'étendra à de grandes installations en commandant mécaniquement l'orientation des pales.

STATISTIQUE STELLAIRE. — *Sur les vitesses résiduelles des étoiles et le problème de la température de la Voie lactée.* Note [3] de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous nous sommes proposé d'étudier la distribution des vitesses stellaires résiduelles, c'est-à-dire des vitesses des étoiles après soustraction de leur vitesse d'ensemble par rapport au Soleil.

Nous avons utilisé dans ce but toutes les vitesses radiales publiées à ce jour (5500); le calcul des vitesses résiduelles, leur classification et le calcul des moyennes ont été faits par Mlle Delaveau.

2. Pour obtenir les éléments des ellipsoïdes de vitesses on développe en série de fonctions sphériques la moyenne θ des valeurs absolues des vitesses

(1) Cet avantage subsiste quand, par un décalage convenable, on fait passer pour $n = 2500$ t/m la vitesse V de 37 m/s à 25 m/s. Pour V compris entre 25 m/s et 15 m/s les deux méthodes sont à peu près équivalentes. Pour $V < 15$ m/s, en raison du faible rendement de l'hélice aux grands décalages négatifs, la deuxième méthode conduit à un rendement supérieur, mais alors la puissance absorbée par l'hélice ventilateur est de l'ordre du dixième de celle absorbée en marche normale.

(2) L'hélice a pour diamètre 1m,30 et possède 4 pales à pas constant 1. Le décalage variant de 0° à −30°, V varie de 39 m/s à 0 pour $n = 1000$ t/m en moyenne.

(3) Séance du 27 juin 1932.

radiales résiduelles ρ'. On évalue les vitesses ρ' en adoptant pour vitesse d'ensemble ρ'' des étoiles celle qui résulte de la translation du Soleil. Nous avons calculé les corrections qu'il faut apporter aux coefficients de ce développement pour tenir compte des termes de ρ'' provenant de la rotation galactique, qu'on n'avait pas introduit dans le calcul des ρ'.

3. Voici les éléments des ellipsoïdes de vitesses obtenus par cette méthode :

Étoiles.	Distance en parsecs.	Grand axe.			Axe moyen.			Petit axe.		
		l.	*b.*	*a.*	*l.*	*b.*	*a.*	*l.*	*b.*	*a.*
		°	°	km/sec	°	°	km/sec	°	°	km/sec
A........	0 à 100	356,6	− 3,8	19,5	86,7	− 1,3	13,5	11,6	86,0	9,6
*g*GKM...	0 à 100	351,2	+ 3,1	24,9	80,7	− 5,6	15,3	113,2	83,3	19,7
*g*GKM...	100 à 400	325,1	− 6,2	24,5	60,2	−39,4	16,2	47,7	49,9	19,2
B........	0 à 100	292,9	−23,4	14,2	36,6	−28,9	12,0	347,8	57,3	4,4
B........	100 à 500	298,6	−14,0	17,4	35,3	−25,3	12,6	2,3	60,6	7,2
F........	0 à 100	339,1	+ 9,0	26,9	70,0	+ 4,9	15,5	172,9	80,8	13,5
*d*GKM..	0 à 60	339,6	+ 5,1	36,2	67,7	−15,7	28,6	86,6	73,5	18,3

La direction du vertex se trouve peu changée par l'introduction des termes dus à la rotation galactique (4° au plus pour les étoiles B) ; on voit que pour les étoiles proches du Soleil la longitude du vertex reste élevée (345°) alors que pour les géantes éloignées elle est égale à la longitude du centre galactique (325°). Le calcul révèle enfin que les étoiles à hélium présentent un léger allongement de la figure des vitesses et que la longitude du vertex correspondant est voisine de 295°.

4. Nous avons ensuite utilisé les développements de θ pour chercher si la Voie lactée est en équilibre isotherme comme on l'a admis jusqu'à présent dans les recherches de dynamique stellaire. La température d'un gaz est proportionnelle à l'énergie cinétique moyenne d'une molécule, la température de la Voie lactée est donc proportionnelle à θ^2 ; si cette température varie systématiquement d'un point à un autre de l'espace, le développement sphérique de θ contient des termes linéaires par rapport aux cosinus directeurs α, β, γ :

$$\theta = K + a'_1 \alpha + a'_2 \beta + a'_3 \gamma + \ldots$$

et le vecteur $\vec{g}(a'_1\, 1/r,\ a'_2\, 1/r,\ a'_3\, 1/r)$ est proportionnel au gradient de température ; voici les résultats numériques obtenus :

Étoiles.	r en parsec.	a'_1.	a'_2.	a'_3.	Long.	Lat.	Grandeur de $\vec{g}$ (km/sec⁻¹ parsec⁻¹).	
A..........	65	−0,9	+1,2	−0,2	127°	−5°	0,023	∓0,017
g (GKM)....	65	−1,6	+0,5	−0,8	162	−50	0,016	∓0,022
g (GKM)....	250	−1,2	+0,7	+0,2	150	+8	0,007	∓0,005
B..........	65	−1,1	0,0	+0,6	180	+29	0,019	∓0,014
B..........	300	−1,1	+1,9	+1,4	120	+32	0,009	∓0,003
F..........	65	+0,6	+0,2	+2,5	18	+75	0,036	∓0,020
d (GKM).....	40	+0,2	+0,6	+0,6	72	+44	0,022	∓0,058
Moyenne pondérée......	–	–	–	–	130	+25	0,0085	∓0,0014

On voit que, pour aucun des groupes d'étoiles, la grandeur du vecteur $\vec{g}$ ne dépasse notablement son erreur quadratique moyenne; aussi convient-il d'être prudent dans les conclusions à tirer de ce tableau.

On remarque cependant que, pour les géantes et les étoiles B les plus éloignées, par conséquent pour les groupes qui donnent la meilleure détermination de $\vec{g}$, la longitude de ce vecteur est voisine de 145° (constellation du Cocher) et a par conséquent une direction opposée à celle du centre de la Voie lactée.

En résumé, les résultats précédents sont susceptibles de trois interprétations.

a. Les valeurs trouvées pour a'_1, a'_2, a'_3 sont dues aux erreurs inhérentes à tout calcul statistique basé sur des données expérimentales et la Voie lactée peut être considérée comme en équilibre isotherme.

b. La température de la Voie lactée assimilée à un gaz augmente lorsqu'on s'éloigne du centre, l'augmentation de vitesse moyenne des étoiles étant de 8,5 km/sec pour 1000 parsecs de déplacement.

c. L'allongement des ellipsoïdes des vitesses stellaires augmente lorsqu'on s'éloigne du centre, le petit axe restant constant.

L'étude des vitesses spatiales des étoiles permettrait de choisir entre ces trois interprétations.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur l'équation intégrale de Bloch (théorie électronique des métaux).* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Brillouin.

La théorie qui conduit à l'établissement de l'équation intégrale de Bloch ne tient pas compte d'une manière absolue du principe de la conservation de l'énergie dans les chocs électrons-ondes élastiques. Ce principe n'y intervient que comme condition de maximum aigu. D'autre part le partage de l'espace en éléments se reproduisant périodiquement soulève des objections, et le choix des conditions initiales dans le calcul du coefficient de probabilité de transition d'un électron d'un état à l'autre paraît un peu artificiel.

Nous avons calculé les coefficients de transition (ou de diffusion) des électrons en adoptant des conditions de régime permanent qui obéissent rigoureusement à la conservation de l'énergie. Nous avons considéré un volume diffuseur fini soumis à des ondes élastiques. Le problème consiste en un calcul de perturbation à partir de l'équation de Schrœdinger. Pour une direction de cosinus α, β, γ, et à la distance r_0, le potentiel perturbateur à intégrer dans le volume diffuseur de coordonnées courantes x, y, z est, à un facteur constant près,

$$\frac{1}{r_0}\int\int\int e^{ikr_0+2\pi i\{(a_1+a)x+(b_1+b)y+(c_1+c)z-k(\alpha x+\beta y+\gamma z)\}}\times\left(1+\frac{\alpha x+\beta y+\gamma z}{r_0}\right)dx\,dy\,dz.$$

a_1, b_1, c_1, composantes de la quantité de mouvement de l'électron incident; a, b, c définissent l'onde élastique (1)

$$k=\sqrt{\frac{8\pi^2 m}{h}(\nu_1+\nu)}$$

(ν_1, ν, fréquence des ondes électroniques et élastiques).

On retrouve, comme condition de maximum aigu, la conservation de la quantité de mouvement, qui n'est possible que si

$$\frac{2m}{h}=\frac{\nu}{w^2}+\frac{2}{w}\cos\theta\sqrt{\frac{2m\nu_1}{h}},$$

θ, angle de diffusion; m, masse de l'électron; w, vitesse des ondes longitudinales.

(1) Léon Brillouin, *Die Quantenstatistik*, p. 341 et suiv. Berlin, Springer, 1931.

L'intensité totale diffusée au point $r_0 | \alpha, \beta, \gamma$ s'obtiendra en intégrant par rapport à a, b, c dans l'espace de configuration qui définit l'onde élastique, et l'on obtient (nous n'écrivons pas ici le terme dû aux transitions avec diminution de fréquence)

$$I = \frac{\text{constante}}{r_0^2} \iiint N(\nu) \frac{\sin^2(Ld)\sin^2(Md)\sin^2(Nd)}{L^2 M^2 N^2} \, da \, db \, dc,$$

L, M, N composantes du vecteur $\vec{L} = 2\pi(\vec{a}_1 + \vec{a} - \vec{a}_2)$.

Comme coefficient de probabilité pour la transition $(\vec{a}_1, \vec{a}_2)$, il est donc naturel de prendre l'expression

$$\iint_{\Sigma} \frac{\sin^2 Ld . \sin^2 Md . \sin^2 Nd}{L^2 . M^2 . N^2} \, d\sigma,$$

$d\sigma$ élément de surface de la sphère Σ de rayon ν/ω dans l'espace de configuration des ondes élastiques. Ce coefficient est, en effet, symétrique par rapport aux électrons de vecteurs représentatifs $\vec{a}_1$ et $\vec{a}_2$.

Nous retrouverons donc l'équation intégrale de Bloch avec la modification suivante : le coefficient ν^2 est remplacé par le coefficient ν, par suite du changement de définition ci-dessus.

Singularités de l'équation intégrale. — Les singularités de l'équation intégrale apparaissent comme dues au choix des variables d'intégration ν et φ. En effet, il s'agit d'une intégration comportant cinq paramètres définissant l'onde électronique variable et l'onde élastique perturbatrice. Il y a maximum aigu quand on a conservation de la quantité de mouvement; ceci donne trois conditions supplémentaires et il ne subsiste que deux paramètres. L'on aura à intégrer une fonction bornée au voisinage de surfaces finies et il n'y a pas de singularités. Mais ces surfaces sont formées de cercles, intersections de deux familles de sphères. Pour $\nu_1 = 0$, les deux familles sont concentriques et admettent une seule sphère commune, sur laquelle il y aura à effectuer l'intégration; ν ne pourra plus prendre qu'une seule valeur. Ceci ne gêne pas la démonstration de l'existence d'une solution de l'équation intégrale.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Sur les caractères des courants d'alimentation d'une décharge dans l'air à basse pression.* Note de M. **R. Anthouard**, présentée par M. Fabry.

L'oscillographe cathodique Dufour, utilisé en déviant le faisceau électronique par effet électrostatique, permet de suivre avec le minimum de déformation le courant qui alimente la décharge électrique dans un gaz.

Pour étudier la tension aux bornes des électrodes, il a fallu la réduire au moyen de deux capacités en série, de rapport convenable, placées entre ces bornes. Les valeurs instantanées de l'intensité sont obtenues en enregistrant la tension aux extrémités d'une résistance ohmique qui reste toujours faible devant les valeurs de la résistance apparente du tube.

Le tube à vide contenait deux électrodes planes, circulaires, à bords arrondis, de 5^{cm} de diamètre, situées à 3^{cm} de distance l'une de l'autre ; elles étaient au centre d'un ballon en verre sphérique de 15^{cm} de diamètre. Une pompe à condensation de mercure permet d'y faire un très bon vide ; s'il le faut, la pression peut être maintenue très inférieure à 0,1 barye.

Un transformateur, dont le circuit primaire contient un rhéostat monté en potentiomètre, alimente le tube en expérience. Il peut donner jusqu'à 10 000 volts efficaces.

Un couple thermo-électrique fer-constantan est soudé sur chaque électrode et permet de suivre l'échauffement moyen de l'électrode pendant le passage de la décharge.

Les expériences ont été faites sur l'air résiduel et les résultats suivants ont été obtenus sans prendre de précautions pour nettoyer les parois et les électrodes. La pression a varié de 7 à 80^{mm}.

Un enregistrement contient 4 à 5 périodes complètes du courant alternatif; les tracés se reproduisent très symétriquement d'une demi-période à la suivante tant que les températures des électrodes sont les mêmes.

Tension. — 1° On peut observer que la tension croît de zéro jusqu'à la valeur du potentiel disruptif (1000 à 5000^{v});

2° La décharge disruptive a lieu au plus en 10^{-6} seconde. La tension tombe à zéro ou à quelques centaines de volts;

3° Avec le mélange employé, un régime d'entretien s'amorce en 10^{-5} seconde et se maintient ensuite :

a. La tension est au début de 200 à 800 volts;

b. Cette tension reste ensuite constante ou diminue très lentement jusqu'à un minimum (200 volts plus bas au maximum);

c. S'il y a eu minimum, la tension remonte ensuite à une valeur d'extinction; sinon la valeur d'extinction est égale à la valeur constante d'entretien.

Intensité. — 1° L'intensité reste nulle pendant la première période d'établissement de la tension;

2°. Dans le même temps que la tension passe de la valeur disruptive à zéro, l'intensité atteint une valeur maximum de l'ordre de 10 mA;

3°. Pendant la période d'entretien : *a*. l'intensité, partant de la valeur maximum de la décharge disruptive ou d'une valeur un peu inférieure, croît régulièrement; *b*. elle atteint un maximum de l'ordre de 30 à 50 mA qui précède de peu le minimum de la tension d'entretien (pour la pression de 7^{mm}, la période d'entretien commence par quelques oscillations en tension et en intensité, très rapidement amorties); *c*. après le maximum d'intensité, le courant décroît jusqu'à zéro et reste nul tant que la tension n'a pas repris une valeur suffisante pour qu'il y ait une nouvelle décharge disruptive.

Aspect de la décharge. — Pour les pressions employées, la partie lumineuse n'occupait qu'une très faible partie des électrodes dont les surfaces planes étaient verticales, tout en haut et sur le bord.

Température des électrodes. — Les tensions d'entretien semblent très sensibles aux variations locales de température de la région intéressée par la décharge. Au contraire la tension de décharge disruptive ne l'a pas été beaucoup; il est vrai que le temps d'arrêt d'une décharge à la suivante doit être suffisant pour permettre une uniformisation presque complète de la température et les élévations moyennes de température étaient inférieures à 10°.

RAYONS X. — *Formule générale pour les sauts d'absorption.* Note de M. V. **Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

On a des raisons de croire que les photons ne pénètrent dans l'intérieur des atomes qu'au niveau d'énergie correspondant à leur quantum hc, où ils éprouvent, dans l'absence des électrons, une diffusion cohérente, comme je l'ai montré dans une Conférence faite le 13 mai 1932 devant la Société française de Physique. Du point de vue du principe de l'action et de la

réaction il semble naturel d'admettre pour l'effet photo-électrique que seul le photon, dont la trajectoire passe par le niveau d'énergie imperméable pour lui, soit capable de transmettre toute son énergie à l'électron périphérique dans le cas d'une collision. Cette manière de voir nous conduit immédiatement à une formule générale pour les sauts d'absorption.

Soient en effet X, Y, Z, etc. les niveaux atomiques des longueurs d'onde critiques $\lambda_X < \lambda_Y < \lambda_Z$, etc. Considérons un des photons de longueur d'onde $\lambda_X + \varepsilon$, $\lim \varepsilon = 0$, dirigés vers un certain point du niveau X. La probabilité pour qu'il rencontre à son arrivée dans l'atome un électron du niveau Y par exemple, est donnée, en première approximation, par le rapport $P_Y N_Y / 4\pi a_Y^2 . \pi r^2 : P_Y$, où P_Y est la partie de la surface du niveau Y, supposée sphérique et de rayon a_Y, franchie par les photons en question, et $P_Y N_Y 4\pi a_Y^2 \pi r^2$ la surface occupée sur P_Y par les électrons du niveau Y, leur nombre total étant N_Y et πr^2 la section normale de chacun d'eux.

Au départ, la probabilité d'une pareille collision étant la même, on a, pour la probabilité totale en question, $p_Y = 2 N_Y r^2 / 4 a_Y^2$, et ainsi de suite; $p_Z = 2 N_Z r^2 / 4 a_Z^2$ pour la probabilité d'une collision avec un électron du niveau Z, etc. Si le photon avait une longueur d'onde égale à $\lambda_X - \varepsilon$, rien ne serait changé aux probabilités p_Y, p_Z, etc., seulement on aurait de plus la probabilité p_X d'une collision efficace sur le niveau X lui-même, exprimée d'une manière analogue, mais sans le facteur 2, de sorte qu'on aurait $p_X = N_X r^2 / 4 a_X^2$. En désignant par $\tau_{\lambda_{X\pm\varepsilon}}$ les coefficients d'absorption vraie pour les longueurs d'onde $\lambda_{X\pm\varepsilon}$, on est conduit à la relation

$$(1)\qquad \delta_{\frac{X}{Y}} = \frac{\tau_{\lambda_X - \varepsilon}}{\tau_{\lambda_X + \varepsilon}} = \frac{p_X + p_Y + p_Z + \ldots}{p_Y + p_Z + \ldots}.$$

$\delta_{\frac{X}{Y}}$ représente le saut d'absorption sur le niveau X et la formule (1) est l'expression générale de sa valeur. Son évaluation numérique exige la connaissance des rayons a_X, a_Y, ... des niveaux atomiques. Or j'ai montré, dans la susdite conférence, que le rayon a du niveau imperméable aux photons de la longueur d'onde λ satisfait à la relation $a = \alpha + \beta\lambda$, dans laquelle le paramètre α est de l'ordre de grandeur du rayon du noyau atomique, et par suite est négligeable devant le terme $\beta\lambda$. En employant cette relation nous tirons de la formule générale (1) avec une approximation satisfaisante la relation

$$(2)\qquad \delta_{\frac{X}{Y}} = \frac{N_X \nu_X^2 + 2 N_Y \nu_Y^2 + 2 N_Z \nu_Z^2 + \ldots}{2 N_Y \nu_Y^2 + 2 N_Z \nu_Z^2 + \ldots}.$$

Cette formule (2) est identique, à l'exception du facteur 2, à celle qui se déduit des théories d'absorption de M. L. de Broglie d'une part et de M. H. A. Compton d'autre part [1]. Elle s'accorde très bien avec l'expérience.

Pour le faire voir, nous prenons pour les N les nombres donnés par MM. Stoner et Smith et pour les ν les fréquences critiques données par M. Siegbahn dans sa Spectroscopie, ce qui nous permet de calculer les sauts d'absorption pour presque tous les éléments à partir du fer. Le saut $\delta k/L_1$ a été mesuré à plusieurs reprises par MM. Richtmayer et Warburton (de 1921 à 1927), par MM. Stoner et Martin (1925), M. Allen (1928), M. Jönsson (1928), M. Auger (1926). On peut juger de l'accord qu'il y a entre le calcul et les expériences par les nombres suivants dont le premier indique la valeur calculée, les autres, entre parenthèses, étant les valeurs expérimentales :

26 Fe : 12,43 (9,2, 9,5-10); 28 Ni : 11,75 (8,2, 8,3, 8,8-9,8); 29 Cu : 11,34 (8,2, 8,5, 9,1-9,8); 30 Zn : 10,99 (7,5, 8,8-9,5); 42 Mo : 7,92 (6,55, 6,63, 7,02; 7,5, 8,7); 46 Pd : 7,39 (6,8); 47 Ag : 7,21 (6,05, 6,12, 6,65, 6,7; 7,3, 7,3-7,7, 7,8); 50 Sn : 7,01 (5,86, 5,98, 6,56; 6,1, 6,6, 6,9-7,6); 74 W : 5,56 (5,65, 6,4); 78 Pt : 5,43 (6,0); 79 Au : 5,40 (3,9, 4,2, 6,5; 5,65, 5,8); 82 Pb : 5,28 (5,0, 5,4).

Dans le domaine des niveaux L on peut déterminer expérimentalement avec une certaine précision seulement le saut δ_{L_1/M_1}. Les sauts δ_{L_1/L_2}, δ_{L_2/L_3} et δ_{L_3/M_1} donnent par leur produit une valeur approximativement égale au saut δ_{L_1/M_1}, mais nécessairement un peu supérieure. Je donne ci-dessous les résultats ainsi calculés, de sorte que les trois premiers nombres cités correspondent aux sauts partiels, le quatrième à leur produit, tandis que les nombres qui suivent entre parenthèses correspondent aux valeurs expérimentales de δ_{L_1/M_1}, déduites des mesures de MM. Louis de Broglie (1922), Dauvillier (1924), Stoner et Martin (1925), Allen (1926), Kellström (1927), Jönsson (1928) :

47 Ag : 1,181, 1,249, 5,646; 8,33 (5,8, 5,3); 74 W : 1,190, 1,266, 3,445; 5,19 (5,5); 78 Pt : 1,192, 1,270, 3,281; 4,97 (5,3, 7,1); 79 Au : 1,192, 1,271, 3,223; 4,88 (4,2, 5,2); 82 Pb : 1,194, 1,276, 3,151; 4,80 (5,6); 92 U : 1,202, 1,298, 2,667; 4,16 (4).

Remarque. — C'est en me plaçant au même point de vue que j'avais été

---

(1) Voir MAURICE et LOUIS DE BROGLIE, *Introduction à la Physique des rayons X et gamma*, p. 92. Paris, 1928.

conduit antérieurement à la formule donnée dans les *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 879, mais sans connaître alors la relation $a = \alpha + \beta\lambda$. Quoique moins simples, les remarques faites alors conduisent, elles aussi, à la formule (2) de la Note présente, si l'on y introduit ladite relation.

SPECTROSCOPIE. — *Effet de la dilution et de la température sur les bandes d'absorption infrarouges : Associations moléculaires*. Note de M. **R. Freymann**, présentée par M. A. Cotton.

I. Effet de la dilution :

Intensité des bandes. — Dans une Note précédente [1] j'ai signalé le phénomène anormal suivant : Lorsque l'on dilue un alcool dans un solvant (CCl^4, C^6H^6, ...) l'intensité de la bande OH de l'alcool (9631 Å) augmente, passe par un maximum, puis décroît.

Cette observation montre l'existence d'un phénomène de *dissociation*; j'avais émis l'hypothèse d'une dissociation *électrolytique* mais en spécifiant qu'il était nécessaire de la confirmer à l'aide d'autres méthodes physiques. J'ai étudié récemment la conductibilité électrique de mélanges $C^4H^9OH — CCl^4$; ces mesures infirment nettement l'hypothèse émise.

J'ai donc recherché une autre explication du phénomène de dissociation observé. L'*hypothèse des associations moléculaires* [voir par exemple le livre de Smyth [2] ou la Note de Longinescu [3]] permet d'expliquer la plupart des phénomènes que j'ai observés concernant l'effet de la dilution ou de la température sur les bandes infrarouges.

Comme les études des moments électriques l'ont précisé les alcools et les acides purs présentent des cas d'association moléculaire particulièrement marqués; ces associations dissimulent les groupements OH, ce qui explique la faible intensité de la bande OH. Quand on dilue l'alcool, l'introduction du solvant détruit les associations moléculaires; les molécules se séparent suivant le schéma :

$$\begin{array}{l} R^{+}OH^{-} \\ \quad\downarrow \\ \quad R^{+}OH^{-} \\ \qquad\downarrow \\ \qquad R^{+}OH^{-} \end{array}$$

(1) R. Freymann, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 928.

(2) C. P. Smyth, *Dielectric constant and molecular structure* (*Chemical Catalog, New-York*, 1931).

(3) G. G. Longinescu, *Chem. Rev.*, **6**, 1919, p. 381.

(et non selon le schéma $R^{-}|OH^{-}$ de dissociation électrolytique précédemment invoqué).

Les groupements OH étant libérés l'intensité de la bande OH doit croître, comme le montre l'expérience; pour une concentration de 10 à 20 pour 100 en alcool la destruction des associations est presque terminée et l'intensité de la bande OH décroît par suite de la diminution du nombre de molécules d'alcool dans le solvant.

Position des bandes. — Dans un prochain travail d'ensemble je montrerai que les associations moléculaires, comme les doubles liaisons, interviennent dans les déplacements des bandes OH que j'ai déjà signalés [1] : la dilution de $C^6H^5CH^2OH$ dans CCl^4 ramène la bande OH de 9778 vers 9631 Å et la dilution de C^4H^9OH dans C^6H^6 déplace la bande de 9631 vers 9778 Å.

II. Effet de la température :

Intensité des bandes. — Alors que les bandes CH ne sont pas affectées par l'élévation de la température (ni leur intensité, ni leur position ne changent), *l'intensité de la bande* OH *des alcools et des acides croît considérablement par élévation de la température*, comme le montre le tableau I pour l'alcool butylique :

Tableau I (*alcool butylique*).

Température	18°.	30°.	40°.	50°.	62°.	70°.	79°.	90°.	100°.	111°.
Intensité	6	9	11	16	18	21	26	29	34	36

Cet accroissement d'intensité s'interprètera également par l'hypothèse des associations moléculaires.

Position des bandes. — La position de la bande OH de C^4H^9OH (9631 Å) ne varie pas sensiblement quand on élève la température; par contre la *bande* OH *de l'alcool benzylique revient de* 9778 *vers* 9631 Å (tableau II) :

Tableau II (*alcool benzylique*).

Température (en degrés C.)	18°.	40°,5.	63°,5.	81°.	96°.	125°.	140°.
λ en Å	9778	9763	9749	9739	9721	9706	9688

Je montrerai ultérieurement que ces déplacements sont liés, d'une part à l'existence des doubles liaisons, d'autre part à la rupture des associations moléculaires.

III. Remarque sur le déplacement des bandes OH. — Ne pouvant faire ici l'examen détaillé des forces qui les produisent, je rappelle seulement les

(1) *Loc. cit.*

divers déplacements que j'ai observés pour la bande OH (en Å) :

9631 — C^4H^9OH liquide (→ vers 9778 par dilution dans C^6H^6)

→ 9683 — $CH^2{=}CHCH^2OH$ (← vers 9631 par dilution dans CCl^4, par élévation de la température)

→ 9778 — $C^6H^5CH^2OH$ (← vers 9631 par dilution dans CCl^4, par élévation de la température)

→ 9672 — $(CH^3)^3COH$

9735 — H^2O liquide (← vers les courtes λ par élévation de la température)

9823 — $C^{12}H^{22}O^{11}$ Saccharose solide

Ces déplacements sont à rapprocher de ceux signalés par B. Stansfeld (*Zeits. Phys.*, 74, 1932, p. 466) dans le passage de l'état liquide à l'état de vapeur.

RADIOACTIVITÉ. — *Entraînement du polonium par les oxalates cristallins en milieu nitrique.* Note de M. SERVIGNE, présentée par M. G. Urbain.

De nombreux auteurs ont étudié l'entraînement sélectif des radioéléments en solution par une phase cristalline se formant au sein de cette solution, en vue d'en déduire une analogie chimique entre l'élément entraîneur et l'élément entraîné.

A ce point de vue, j'ai pensé qu'il serait intéressant d'étudier le comportement du polonium dans la cristallisation partielle, provoquée par refroidissement, d'un oxalate primitivement en solution nitrique poloniée. Les éléments entraîneurs choisis ont été : le lanthane et le scandium (trivalents), le calcium et le strontium (divalents).

La méthode utilisée a été la suivante : l'oxalate entraîneur, préalablement préparé à l'état pur et sec, est dissous à chaud dans 7^{cm^3} d'une solution nitrique (4N ou 2N), contenant du polonium. Cette solution, rendue bien homogène, est abandonnée pendant 18 heures, à température constante (17°C.), à un lent refroidissement au cours duquel le sel entraîneur précipite partiellement à l'état cristallin. On sépare ensuite rapidement les deux phases en présence, par décantation et pipetage complet de l'eau mère; on détruit l'oxalate dans chacune d'elles par l'acide nitrique concentré et bouillant. On dose enfin de part et d'autre l'élément entraîneur et le polonium (ce dernier par dépôt sur une lame d'argent en solution faiblement chlorhydrique et mesure de son activité).

Les conditions expérimentales sont telles que l'acidité élevée du milieu de cristallisation assure au polonium un état soluble et ionique (ion simple

ou complexe), et que le volume constant de la solution primitive est suffisant pour rendre négligeable la correction relative aux traces d'eau mère toujours adhérentes aux cristaux après la séparation des phases.

Les quantités totales pour chaque essai des deux éléments comparés et les résultats obtenus sont les suivants :

1. *Polonium-Lanthane* (en milieu nitrique 4N).

	Quantités mises en solution.		Partage relatif de chaque élément entre les deux phases.	
Essais.	Polonium (en 10^{-11} gr).	Lanthane (en La^2O^3).	$\frac{\text{Po cristaux}}{\text{Po solution}}$. 1.	$\frac{\text{La cristaux}}{\text{La solution}}$. 2.
I..........	12,8	0,1693 g	0,10	0,035
II.........	3,82	0,2431	0,70	0,19
III........	3,94	0,2515	2,5	0,32
IV........	6,08	0,3059	2,7	0,39
V.........	4,27	0,3260	5,3	0,54
VI........	7,80	0,3524	12,4	1,09
VII.......	6,96	0,3734	14,5	1,18

2. *Polonium-Lanthane* (en milieu nitrique 2N).

I..........	3,42	0,0663	10	1,54
II.........	3,63	0,0539	5,8	0,73
III........	3,04	0,0418	1,9	0,16

3. *Polonium-Scandium* (en milieu nitrique 4N).

		Scandium (en Sc^2O^3).		$\frac{\text{Sc cristaux}}{\text{Sc solution}}$.
I..........	7,61	0,0294	2,2	0,35
II.........	3,61	0,0427	3,9	0,98
III........	4,32	0,0518	7,2	1,47

4. *Polonium-Calcium* (en milieu nitrique 4N).

Essais.	Po (en 10^{-11} gr).	Calcium (en oxalate).	$\frac{\text{Po cristaux}}{\text{Po solution}}$.	$\frac{\text{Ca cristaux}}{\text{Ca solution}}$.
I..........	3,12	0,4034	0,3	0,011
II.........	4,15	0,4210	6,3	0,046
III........	3,38	0,4319	8,6	0,061

5. *Polonium-Strontium* (en milieu nitrique 4N).

		Strontium (en oxalate).		$\frac{\text{Sr cristaux}}{\text{Sr solution}}$.
I..........	3,93	1,0366	0,075	0,11
II.........	4,15	1,7209	0,068	0,13
III........	3,50	2,1060	0,10	0,30

On constate donc le même caractère d'entraînement du polonium par les oxalates de lanthane et de scandium, dont les propriétés chimiques et cristallographiques sont pourtant notablement différentes.

Par contre, l'entraînement par le calcium est tout à fait différent de l'entraînement par le strontium, malgré la grande analogie chimique de leurs oxalates. Dans ce dernier cas, il faut de plus remarquer que le strontium donne lieu à la formation de cristaux nets et bien développés, alors que les cristaux d'oxalate de calcium obtenus en très faible quantité se présentent sous forme d'une poussière particulièrement fine.

Ces résultats paraissent être dès maintenant en faveur de la trivalence du polonium dans son oxalate.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déplacement de quelques équilibres chimiques basé sur l'adsorption sélective d'hydroxydes par le gel de silice.* Note [1] de M. **Berthon**, présentée par M. Matignon.

On sait que l'adsorption des bases alcalines par le gel de silice est *spécifique*, et que pour les bases *de force égale* comme LiOH, KOH, NaOH, elle procède suivant le classement de la série lyophile [2].

$$\mathrm{LiOH} > \mathrm{KOH} > \mathrm{NaOH}.$$

Ces trois bases sont d'ailleurs plus fortement adsorbées que l'ammoniaque.

Les sels alcalins d'acide fort comme NaCl ne sont pas adsorbés; mais, si l'on ajoute à la solution de l'ammoniaque, on trouve que la silice fixe des ions Na^+, mais pas d'ions Cl^-. On est conduit par suite à admettre qu'il y a adsorption *sélective* de soude provenant de la destruction de l'équilibre :

$$\mathrm{ClNa} + \mathrm{NH^4OH} \rightleftharpoons \mathrm{NaOH} + \mathrm{ClNH^4}.$$

Le gel de silice utilisé était préparé par la méthode de Patrick. La marche expérimentale était la suivante : 2^g de gel étaient agités avec 25^{cm^3} de solution étudiée; après 24 heures de repos, deux prises de 10^{cm^3} du liquide décanté étaient analysées.

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après :

---

(1) Séance du 27 juin 1932.

(2) Bartell et Fu. *J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 677.

Adsorption de NaCl par le gel de silice, en l'absence et en présence d'ammoniaque. — 25^{cm^3} de solution + 2^g de gel. — Les résultats sont exprimés en milli-équivalents dans 10^{cm^3} de solution avant et après adsorption.

Solution.	Na^+ avant.	Cl^- avant.	Na^+ après.	Cl^- après.	Na^+ adsorbé.	Cl^- adsorbé.
Ammoniacale (N)....	1,357	1,355	0,865	1,360	—0,492	—0,005
Neutre.............	1,357	1,360	1,362	1,358	+0,005	—0,002
Ammoniacale (N)....	2,638	2,642	1,930	2,645	—0,708	+0,003
Neutre.............	2,634	2,635	2,628	2,630	—0,006	—0,005
Ammoniacale (N)....	5,156	5,160	4,244	5,157	—0,912	—0,003
Neutre.............	5,160	5,163	5,153	5,163	—0,007	0,000

Les conclusions qui se dégagent de ces résultats sont les suivantes :

1° L'adsorption de NaCl est nulle, à la précision des mesures, quand il se trouve seul en solution. Par conséquent, si l'adsorption hydrolytique existe, elle est très faible (¹).

2° En présence de NH^4OH, on observe une adsorption relativement grande des ions Na^+ et une adsorption nulle des ions Cl^-. On est donc conduit à admettre qu'il y a eu adsorption préférentielle de soude, et celle-ci ne peut provenir que de la destruction de l'équilibre

$$NaCl + NH^4OH \rightleftharpoons NaOH + NH^4Cl. \quad (1)$$

3° On voit enfin que pour une concentration initiale en ammoniaque constante (sol. N), la quantité d'ions Na^+ adsorbés croît avec la concentration en ClNa.

Il paraissait alors intéressant d'étudier l'influence des autres facteurs de l'équilibre (1), à savoir la concentration en ammoniaque et la concentration en NH^4Cl.

Pour une solution à concentration initiale constante en NaCl (environ 0,25 N), l'adsorption des ions Na^+ croît d'abord rapidement en fonction de la quantité d'ammoniaque initialement présente jusqu'à ce que la concentration d'équilibre soit environ 0,2N en NH^4OH. Ensuite la quantité d'ions Na^+ adsorbés croît très lentement quand on augmente la quantité d'ammoniaque. Cet effet ne provient pas d'une saturation de l'adsorbant par la soude, mais est dû à l'action *désorbante* exercée par le $ClNH^4$, par suite de la réaction à la surface du gel

$$ClNH^4 + NaOH = ClNa + NH^4OH.$$

(¹) Bartell et Fu (1) dans le cas KCl ont trouvé une adsorption hydrolytique de 0,006 millimolécule de KOH sur 7,007 de KCl présentes par gramme de gel.

Toutes conditions égales d'ailleurs, si l'on ajoute préalablement du chlorhydrate d'ammoniaque de concentration 0,6 M l'adsorption des ions Na^+ baisse à 12 pour 100 de la valeur qu'on obtient en l'absence de toute addition initiale de $ClNH^4$.

Nous avons également cherché si ces phénomènes d'adsorption sélective étaient spécifiques comme dans le cas d'adsorption directe des bases.

Dans le cas des chlorures alcalins, on observe bien une spécificité, mais l'ordre d'adsorbabilité est juste l'inverse de celui trouvé dans l'adsorption directe des hydroxydes. Il intervient ici un facteur qui malheureusement nous échappe. Dans le cas des chlorures alcalino-terreux, on retrouve au contraire l'ordre normal de la série lyophile.

Nous avons cherché à généraliser ce processus d'adsorption, et à adsorber directement les hydroxydes des métaux lourds en les faisant entrer en solution complexe ne précipitant pas par l'ammoniaque.

Nous avons choisi comme exemple le tartrate complexe de fer. En l'absence d'ammoniaque, bien que les solutions renferment de l'hydroxyde de fer colloïdal, reconnaissable à leur couleur rouge brun, l'adsorption des ions Fe^{+++} est très faible. Au contraire, en présence d'ammoniaque, l'adsorption des ions Fe^{+++} est notable, alors que celle des ions tartriques reste négligeable.

Il est naturel d'admettre que le gel de silice a détruit l'équilibre : tartrate de fer complexe + ammoniaque $\rightleftharpoons$ hydrate de fer + tartrate d'ammoniaque par suite de l'adsorption sélective de $Fe(OH)^3$.

Ces résultats montrent que *le gel de silice est susceptible, par adsorption sélective, de détruire des équilibres à constantes extrêmement faibles.*

Ils montrent, d'autre part, qu'il est possible d'adsorber moléculairement en solution les *hydroxydes des métaux lourds* (1). Ce résultat est intéressant pour la *préparation de gels recouverts soit d'oxydes, soit de métaux*, constituant, en raison de leur grande surface, des catalyseurs remarquables.

---

(1) Contrairement à ce que pensaient Patrick et Barclay (*J. Phys. Chem.*, 29, 1925, p. 1400) qui considèrent que « le gel pur usuel ne peut ni adsorber, ni déplacer directement en solution les composés des métaux lourds ».

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la graphitisation primaire des fontes au molybdène.* Note de MM. **Jean Cournot** et **Jean Challansonnet**, présentée par M. Léon Guillet.

Des recherches d'ensemble sur les propriétés des fontes au molybdène nous ont amenés à étudier systématiquement l'effet de cette addition sur la précipitation et la forme du graphite d'une fonte grise.

D'après E. K. Smith et H. G. Aufderhaar [1], une fonte répondant à

Ct = 3,32 pour 100, Cg = 2,67 Cc = 0,65 Si = 2,18 Mn = 0,52 S = 0,06 P = 0,07

peut supporter des additions de molybdène allant jusqu'à 4 pour 100, sans que la proportion de son graphite libre diminue. Ils ont remarqué comment les filaments de graphite deviennent plus fins et plus courts et se transforment même partiellement en très petites modules dans ces fontes spéciales.

L'un de nous [2] a fait des observations analogues dans une étude des fontes à basses teneurs en molybdène.

Les fontes au molybdène du tableau ci-après ont été élaborées au four à induction à haute fréquence, en creuset silico-alumineux, à partir d'une fonte répondant à

Ct = 3,7 pour 100 Si = 2,30 Mn = 1,4 S = 0,03 P = 0,07

et d'une fonte mère à 20 pour 100 de molybdène préparée elle-même avec un ferro-alliage à 62 pour 100 de molybdène et 0,1 pour 100 de carbone.

Elles ont été coulées à 1400° en sable préalablement étuvé, le moule donnait deux lingots cylindriques ayant respectivement 35 et 10^{mm} de diamètre, 500 et 250^{mm} de hauteur. Des baguettes de graphite placées au-dessus du bain sans y toucher, permettaient de réaliser une atmosphère d'oxyde de carbone. Pour vérifier aussi exactement que possible l'action du molybdène sur la forme du graphite, nous nous sommes attachés à éliminer les causes accidentelles qui peuvent l'affecter : temps de fusion trop prolongé, surchauffe du bain pour dissoudre l'addition, températures de coulée trop élevées ou différentes.

---

(1) E. K. Smith et H. G. Aufderhaar, *Iron Age*, 124, 5 décembre 1929, p. 1507 à 1509.

(2) Jean Challansonnet, *Revue de Métallurgie*, 27, 1930, p. 654 à 671.

Ainsi qu'en témoigne le tableau, les dosages du carbone total et du silicium restent rigoureusement comparables dans chacune des compositions ; les variations très faibles du manganèse n'étaient pas à noter.

Les analyses du carbone libre ont été réalisées par combustion, au four de Wiborgh, du graphite échappant à l'attaque nitrique. Elles sont en parfait accord avec les observations métallographiques ; par contre, la méthode d'Eggertz donne des résultats divergents.

Matricule des alliages.	C tota.	Si pour 100.	Mo pour 100.	Graphite libre pour 100. Jet de 35mm (A).	Jet de 10mm (B).
1 M	3,6	2,30	0	3,3	3,3
2 M	3,56	2,25	0,25	3,24	3,18
3 M	3,65	2,38	0,6	3,05	3,07
4 M	3,6	2,42	1,57	2,85	2,95
$4M_1$	3,50	2,3	2,05	2,9	2,8
$4M_2$	3,58	2,28	2,9	2,65	1,5
5 M	3,47	2,2	3,84	2,3	0
$5M_1$	3,6	2,35	4,5	1,12	0
6 M	3,42	2,19	7,7	0	0

Observations. — Jet de 35mm (A) : 1M à $4M_1$, graphite en forme de filaments ; $4M_2$ à 6M, fontes à carbures complexes. — Jet de 10mm (B) : 1M et 2M, graphite en filaments ; 3M à $4M_1$, fonte grise dont le graphite est en nodules très réduits ; $4M_2$ à 6M, fontes à carbures complexes.

Jusqu'à 2 pour 100 de molybdène, que la vitesse de refroidissement après coulée soit lente comme dans l'éprouvette A, ou rapide comme dans l'éprouvette B, le carbone libre ne diminue pas sensiblement. Il n'en est plus de même quand le molybdène atteint et dépasse 2,9 pour 100 : les éprouvettes de 10mm deviennent des fontes à cémentites complexes, sans graphite, et les jets principaux voient leur carbone libre décroître progressivement et disparaître quand le molybdène atteint 7 pour 100.

Forme du graphite. — Dans les jets de 35mm, la forme lamellaire du graphite de la fonte de base n'est pas modifiée par les additions de molybdène atteignant 2,9 pour 100. Au delà, le graphite se présente en nodules quand la teneur en carbone combiné augmente, ceci n'a pas d'intérêt pratique puisque les fontes deviennent blanches. Au contraire, le graphite des moulages de 10mm subit un affinement structural important ; les filaments se transforment en très petits nodules à partir et au delà de 0,6 pour 100 de molybdène.

Dans une seconde série d'essais, nous avons coulé à 1600° les composi-

tions 1M et 4M, sous forme de jets A. Cet accroissement de 200° de la température de coulée, donne dans la fonte ordinaire et dans la fonte au molybdène un graphite en nodules très réduits, présentant l'aspect d'un eutectique limitant très nettement les plages polygonales de ferrite mélangée de perlite ou de constituants de trempe sur la nature desquels nous reviendrons dans une prochaine Note.

Conclusions. — Cette étude montre qu'il est possible d'ajouter jusqu'à 2 pour 100 de molybdène à une fonte grise sans qu'elle présente de carbures libres. Les fontes obtenues peuvent rester grises malgré un refroidissement rapide après coulée. Quand cette addition atteint 2,9 pour 100, le carbone libre des jets principaux diminue progressivement, et celui des jets de 10^{mm} brusquement, pour donner des fontes à cémentites complexes.

Le graphite nodulaire n'a été retrouvé que dans les moulages de faible épaisseur. L'affinage structural du graphite enregistré dans des jets normaux par les auteurs cités ne semble donc être que la conséquence d'une surchauffe ou d'un accroissement de la teneur en carbure, mais non un effet propre du molybdène, entrant en solution solide dans la ferrite perlitique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche et dosage de l'arsenic des matières organiques après destruction perchlorique.* Note de M. **Ernest Kahane**, présentée par M. G. Urbain.

I. J'ai, à plusieurs reprises, préconisé l'emploi de l'acide perchlorique, associé à l'acide nitrique seul ou aux acides nitrique et sulfurique, pour la destruction des matières organiques, en vue de la recherche et du dosage de divers éléments. Dernièrement, j'ai pu définir les conditions dans lesquelles l'acide perchlorique permet d'effectuer sans danger la destruction de grandes quantités de matières organiques, et j'ai pu envisager ainsi son emploi en toxicologie [1]

Pour que cette application soit possible, il faut que la destruction nitro-sulfo-perchlorique des matières organiques ne donne lieu à aucun entraînement, sous forme volatile, des éléments à rechercher ou à doser. Il n'est nullement évident, *a priori*, que des traces d'éléments habituellement considérés comme fixes (Pb, Bi) ne puissent être ainsi entraînés. A plus forte raison cela est-il à craindre pour des éléments volatils tels que le mercure ou l'arsenic.

---

[1] E. Kahane, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1018.

L'étude de la destruction nitro-sulfo-perchlorique de subtances organiques arsenicales a été effectuée sur des échantillons de 250 à 300^{g} de foie de bœuf additionnés de 1^{mg} à 4^{g} As sous forme organique. La technique utilisée était voisine de celle que j'ai précédemment décrite [1] : la principale différence consistait dans l'emploi d'un mélange de 2^{vol} $ClO^4H + 1^{vol} NO^3H$ au lieu de ClO^4H pur. L'opération était effectuée dans un appareil en pyrex assemblé par rodages et permettant de condenser les vapeurs émises. Le liquide aqueux condensé est riche en dérivés nitrés et il contient une faible quantité de produits organiques, tels que des acides gras, entraînables par la vapeur d'eau.

La recherche de l'As dans ce distillat doit être précédée d'une évaporation et d'une destruction des matières organiques. Or, on sait, à la suite des recherches classiques d'A. Gautier et de celles de G. Bertrand, quelles précautions minutieuses il faut prendre pour se mettre à l'abri des erreurs d'interprétation dues à l'impureté des réactifs. Aussi n'ai-je pas encore abordé cette étude à l'échelle microanalytique, et me suis-je contenté pour l'instant du test au réactif hypophosphoreux de Bougault, qui me semble être assez sensible pour permettre d'établir la légitimité d'application d'une méthode toxicologique.

La destruction nitro-sulfo-perchlorique a donné lieu à la distillation de quantités de produits arsenicaux pouvant devenir considérables lorsque la phase nitro-sulfurique de la réaction telle que je l'ai décrite (*loc. cit.*) est tant soit peu prolongée. En revanche, moyennant quelques précautions destinées à éviter que le milieu devienne très réducteur, et dont le détail figurera dans un autre Recueil, l'arsenic introduit a été retrouvé quantitativement dans le ballon-laboratoire, et le liquide distillé, concentré en présence de $SO^4H^2 + ClO^4H$, n'a donné aucune coloration par action du réactif de Bougault.

Il résulte de ces expériences qu'il est légitime d'envisager la recherche et le dosage toxicologiques de l'arsenic après minéralisation nitro-sulfo-perchlorique des viscères.

II. La même méthode peut évidemment être utilisée en chimie analytique pour le dosage de l'arsenic organique. Les méthodes classiques exigent, soit une destruction par voie sèche, dont les désagréments sont bien connus, soit une attaque nitro-sulfurique ou permanganique, très longue et d'une efficacité parfois imparfaite.

(1) E. KAHANE, *Bull. Soc. Ch. biol.*, 14, 1932, p. 294-304.

L'attaque nitro-sulfo-perchlorique est d'une application générale, elle est commode et rapide (5 à 10 minutes pour une prise d'essai de plusieurs décigrammes). Elle laisse l'As sous forme d'acide arsénique en milieu purement sulfurique où il peut être dosé correctement par n'importe laquelle des méthodes classiques : arséniate ammoniaco-magnésien, sulfure d'arsenic, complexe arsénio-molybdo-éthéré (méthode de Copaux) ou titration à l'iode ou au brome naissant après réduction par l'iodure de potassium (technique de Fleury) ou par le sulfate d'hydrazine (méthode de Schuleck et Villecz) (¹).

J'ai appliqué systématiquement cette dernière méthode au dosage de l'As dans les liqueurs provenant de l'attaque nitro-sulfo-perchlorique des produits suivants, dont la plupart présentent un intérêt technique : cacodylate de sodium, méthylarsinate de sodium (ces deux produits présentent une grande résistance à la destruction nitro-sulfurique), dichlorophénylarsine, chlorodiphénylarsine, triphénylarsine, paraaminophénylarsinate de sodium, N-phénylglycinamide-paraarsinate de sodium, acide métaformylamino-paraoxyphénylarsinique, acide métaacétylamino-paraoxyphénylarsinique, son sel de sodium et son sel de diéthylamine.

Les résultats analytiques, qui figureront, ainsi que la technique détaillée, dans un autre Recueil, sont en bon accord avec la théorie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur des combinaisons organiques sulfurées de tellure, d'arsenic et d'étain.* Note de MM. L. DEBUCQUET et L. VELLUZ, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons précédemment montré (²) que le passage prolongé d'un courant d'hydrogène sulfuré dans des solutions de molybdate ou de tungstate de pipérazine, en présence d'un excès de cette base hétérocyclique, permettait d'obtenir, cristallisés de premier jet, des sulfures doubles, rouges pour le molybdène, jaunes pour le tungstène. On peut considérer ces sulfures comme étant des sel organiques définis des thioacides MoS^4H^2 ou WS^4H^2.

Un mode opératoire analogue nous a permis de préparer des combinaisons sulfurées cristallisées de tellure, d'arsenic et d'étain. On les obtient

(¹) E. SCHULEK et P. V. VILLECZ, *Z. anal. Chem.*, 76, 1929, p. 81-103.
(²) L. DEBUCQUET et L. VELLUZ, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 58.

en solubilisant 1g d'acide tellurique, d'acide arsénique, d'anhydride arsénieux ou de tétrachlorure d'étain, dans un excès suffisant d'une solution de pipérazine, puis en soumettant ces solutions au passage de l'hydrogène sulfuré pendant deux ou trois heures. La précipitation est achevée en abandonnant, dans leur atmosphère sulfurée, pendant un jour, la solution et les précipités cristallins formés. Ceux-ci sont alors isolés, soigneusement lavés à l'alcool éthylique, à l'éther éthylique, puis séchés à l'air libre et rapidement placés en atmosphère sèche, à l'abri de la lumière.

Les combinaisons ainsi obtenues sont les suivantes :

I. *Sulfure double de tellure et de pipérazine.* — Petites aiguilles jaunes de formule $TeS^2.C^4H^{10}N^2.H^2S$. P. M. = 311,8.

Analyse. — Calculé pour 100 : TeS^2, 61,48; S, 30,80; N, 8,99. Trouvé pour 100 : TeS^2, 61,02; S, 31,04; N, 8,97.

II. *Sulfures doubles d'arsenic et de pipérazine :*

A. *Arsenic trivalent :* $As^2S^3.C^4H^{10}N^2.H^2S$. P. M. = 366,29. Fines aiguilles jaune citron.

Analyse. — Calculé pour 100 : As, 40,98; S, 34,97; N, 7,65. Trouvé pour 100 : As, 40,48; S, 35,02; N : 7,83.

B. *Arsenic pentavalent :* $As^2S^5(C^4H^{10}N^2)^2 3H^2S$. P. M. = 670,77. Tables incolores jaunissant rapidement à l'air.

Analyse. — Calculé pour 100 : As, 22,38; S, 38,20; N, 12,53. Trouvé pour 100 : As, 21,89; S, 39,0; N, 12,48.

III. *Sulfure double d'étain et de pipérazine.* — Aiguilles blanches de formule $SnS^2 C^4H^{10}N^2 H^2S$. P. M. = 303,0.

Analyse. — Calculé pour 100 : Sn, 39,17; S, 31,75; N, 9,24. Trouvé pour 100 : Sn, 38,55; S, 31,21; N, 9,23.

Enfin, en utilisant une solution d'anhydride arsénieux dans la pipéridine, nous avons obtenu, dans des conditions analogues, la combinaison arsenicale suivante :

$$As^2S^3(C^5H^{11}N)^2H^2S. \quad P. M. = 450,38.$$

Poudre cristalline jaune citron.

Analyse. — Calculé pour 100 : As, 33,29; S, 28,48; $C^5H^{11}N$, 37,79. Trouvé pour 100 : As, 33,40; S, 29,13; $C^5H^{11}N$, 37,68.

Toutes les combinaisons sulfurées ainsi obtenues sont peu solubles dans l'eau. Elles sont décomposées par les acides dilués avec dégagement d'hydrogène sulfuré et formation du sulfure métalloïdique ou métallique correspondant. On doit les considérer, semble-t-il, comme dérivant des thioacides TeS^3H^2, $As^2S^4H^2$, $As^2S^8H^6$, SnS^3H^2. Il est intéressant de noter que, parmi les bases organiques utilisées, seules la pipérazine et, dans certains cas, la pipéridine, permettent d'isoler directement les sels définis que nous venons de décrire.

LITHOLOGIE. — *Les caractères pétrographiques des houilles à coke.*
Note de M. **André Duparque**, présentée par M. Ch. Barrois.

Le terme *houille à coke* désigne dans la classification chimique de Grüner un type de combustibles caractérisés par des teneurs en matières volatiles comprises entre 26 et 18 pour 100 qui donnent dans les fours à coke ordinaires un coke dur, sonore et cohérent, propre à l'usage des hauts fourneaux (coke métallurgique). Défini de cette façon, ce terme correspond presque exclusivement dans le Bassin houiller franco-belge et dans les autres gisements que j'ai étudiés à un *type pétrographique parfaitement défini* (1).

La quasi-totalité des houilles à coke examinées rentre dans la catégorie des charbons ligno-cellulosiques formés par interstratification de trois constituants macroscopiques qui sont :

1° Des lits de *houille brillante* (Vitrain) résultant de la précipitation chimique du ciment colloïdal organique en l'absence de tout débris organisé.

2° Des lits de *houille semi-brillante* (Clarain) où un ciment abondant enrobe des menus débris de bois gélifiés ou transformés en Fusain.

3° Des masses lenticulaires de *Fusain* formant parfois des lits d'une certaine étendue.

Au point de vue microscopique ces houilles à coke doivent être surtout considérées comme des mélanges en proportions variables de *houille amorphe* brillante et de *Fusain* (bois transformé en houille mate fibreuse), *constituants pouvant facilement être isolés à l'état de pureté, dans certaines circonstances favorables, et dont les propriétés chimiques se révèlent essentiellement différentes.*

α. La *houille amorphe* (houille brillante Vitrain, ciment colloïdal) employée seule donne un coke boursouflé et fragile ne présentant pas les qualités des cokes métallurgiques, son *pouvoir agglutinant* et son *indice de gonflement* étant, par contre, très élevés.

β. Le *Fusain* traité isolément se comporte comme un véritable anthracite d'origine ligneuse et *ne donne pas de coke cohérent*, son *pouvoir agglutinant* et son *indice de gonflement* étant extrêmement faibles et presque toujours nuls.

Or, d'autre part, l'étude microscopique des houilles montre que le Fusain,

(1) A. Duparque, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1200; **192**, 1931, p. 1257 et 1472.

élément inerte, non cokéfiable *est beaucoup plus abondant dans les houilles à coke* que dans les autres types de charbons (houilles bitumeuses et anthracites) qui traités à l'état brut donnent des cokes médiocres (coke d'usine à gaz) ou n'en donnent pas du tout (cas des houilles maigres ou des anthracites). On en arrive donc à cette conclusion *que dans les houilles à coke le Fusain, élément éminemment poreux et dépourvu de tout pouvoir cokéfiant, joue un rôle essentiel dans les phénomènes qui président à la formation des cokes métallurgiques* en compensant l'indice de gonflement trop élevé de la houille amorphe.

Cette étude montre en outre que, dans les houilles à coke, *le mélange des éléments actif* (houille amorphe) *et inerte* (Fusain) *est réalisé d'une façon trèsintime* puisqu'il résulte de l'interstratification de lits et de lentilles de quelques millimètres d'épaisseur.

Dans ces conditions, l'étude microscopique des houilles à coke permet d'expliquer logiquement certains faits d'observation et d'expérience restés jusqu'ici assez mystérieux.

C'est un fait bien connu que certaines houilles broyées et mélangées donnent un bon coke métallurgique, alors que ces mêmes houilles traitées à l'état brut ne fournissent que du coke de médiocre qualité. Il est évident que le broyage réalise le mélange intime des éléments actif et inactif, *mélange intime qui faisait défaut dans le charbon en question.*

L'on sait également que des houilles présentant des teneurs en matières volatiles identiques peuvent réagir différemment à la cokéfaction. En dehors du cas précédent (absence d'homogénéité du mélange naturel) ce fait s'explique très simplement si l'on considère que les teneurs en matières volatiles globales d'une houille à coke sont les résultantes de celles très différentes de l'élément actif et de l'élément inerte. Une houille très homogène résultant de l'amaigrissement d'une houille de cutine pauvre en Fusain peut très bien, par exemple, *ne pas présenter*, à teneur en matières volatiles égale à celle d'une bonne houille à coke, *le mélange convenable des deux éléments actif et inerte.*

En résumé, les houilles à coke sont des *mélanges intimes*, en proportions convenables, d'*éléments actifs* (houille amorphe et bois gélifiés) et d'un *élément inerte* (Fusain) qui joue, néanmoins, un rôle primordial dans les phénomènes de cokéfaction. Ces caractères, mis en évidence par l'étude microscopique, sont ceux que l'on doit exiger des mélanges de houille à compositions chimiques très diverses que l'on utilise dans la fabrication des cokes métallurgiques.

GÉOLOGIE. — *Le mélange originel des minerais oolithiques lorrains-luxembourgeois.* Note [1] de M. J. P. **Arend**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les travaux entrepris à la suite des nouvelles théories que nous avons développées ici même sur la genèse des oolithes [2], sur le faciès des couches [3] et sur le mode de formation des minerais oolithiques en général [4] ont singulièrement précisé la nature et la provenance des constituants des minerais en question.

Dans les Notes visées ci-dessus nous avons établi entre autres que le mécanisme colloïdal invoqué exige des dépôts ferrugineux d'origine thermale. Seul ce mode de formation peut réaliser les conditions physico-chimiques nécessaires :

1° pour que la réduction totale et subséquente des dépôts ferriques devienne possible par la putréfaction de la faune qu'ils contiennent;

2° pour que les germes phosphatés qui en dérivent et qui doivent marquer d'avance l'emplacement des oolithes futurs se répartissent judicieusement dans le système;

3° pour qu'enfin soit créé cet état particulier de consistance et de pénétrabilité uniforme que réclame la genèse de l'oolithe par voie colloïdale.

Ces énoncés sont confirmés par les interdépendances entre le bassin minier, les failles et les lieux d'émergence des eaux hydrothermiques fortement ascendantes, que relève la fignre ci-après.

De la même faille de Hayange qui se rattache à un des plus forts développements des minerais, jaillissent à Mondorf des eaux hydrothermiques ascendantes fortement ferrugineuses. La radioactivité des eaux et des gaz riches en argon et en hélium prouve que les eaux proviennent, en partie du moins, d'un milieu de désintégration intense. Et la composition des eaux indique encore qu'elles sont en relation avec les zones de roches lourdes, riches en fer et en magnésie.

Au premier contact avec l'air, ces eaux déposent par mètre cube 9^{g} de limon ferrugineux. Une aération plus complète donne lieu à une nouvelle

(1) Séance du 20 juin 1932.

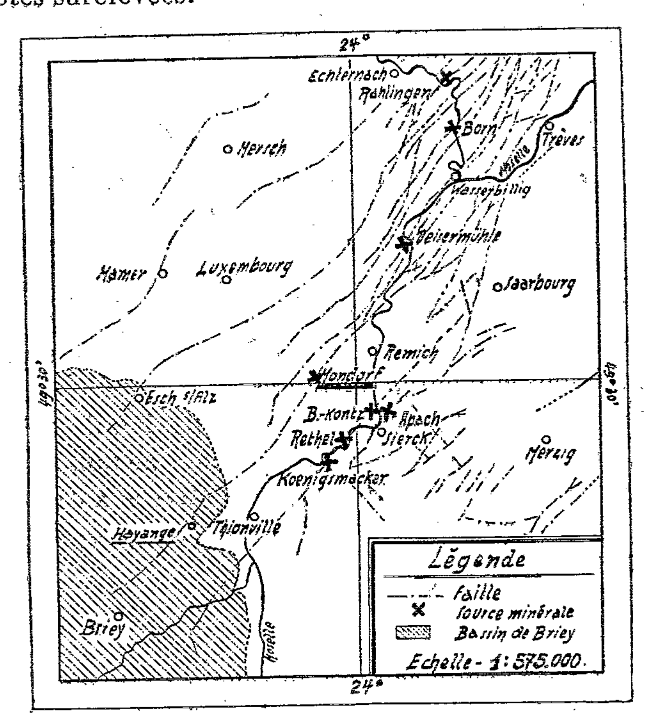
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 736.

(3) *Ibid.*, p. 990.

(4) *Ibid.*, p. 1172.

précipitation de $6^g,7$, soit au total $15^g,7$ de dépôt ferrugineux par mètre cube, correspondant, pour les seules sources de Mondorf, à un dépôt annuel contenant 2600^{kg} de fer. La composition de ce constituant essentiel des minerais est donnée dans la colonne *a* du tableau reproduit plus loin.

Dans l'interdépendance de ces conditions apparaît l'apport du fer réalisé par l'intermédiaire d'eaux ferrugineuses émergeant sous pression, par les failles du bassin toarcien, affaissé dans les marnes schisteuses qui en forment les côtes surélevées.



Une faune exubérante s'établit dans ces eaux tempérées et minéralisées. Les mollusques, les crinoïdes, les foraminifères fixent une partie des éléments calciques en solution, tandis que les poissons et autres vertébrés retiennent et accumulent les phosphates. De cette façon les organismes finissent par incorporer au limon ferrugineux l'intégralité de l'acide phosphorique et la partie prépondérante de la chaux. Ce mélange calcaro-ferrugineux phosphaté de formation et de composition assez constantes est dilué, au cours de sa formation, dans des proportions variables par les marnes des côtes fortement surélevées. La dénudation de ces côtes, plus ou moins intense suivant le régime des eaux superficielles et des mouve-

ments tectoniques de l'époque, fournit l'alumine intégralement et la silice en partie.

La composition des constituants intervenant de cette façon dans la formation du mélange originel des minerais s'établit comme suit pour le bassin d'Esch :

	Limon ferrugineux *a*.	Marnes *b*.	Mollusques *c*.	Poissons *d*.	Couche verte *e*.
SiO^2	6,52	51,46	0,42	0,07	14,30
Fe^2O^3	76,94	4,42	0,23	0,16	24,18
FeO	0,23	–	–	–	18,50
Al^2O^3	–	22,74	0,07	0,47	4,60
CaO	3,42	0,81	52,06	6,79	12,30
P^2O^5	0,04	traces	0,15	6,83	1,40
Matières volat.	11,58	14,34	46,43	84,55	0,19

De ces données qui toutes ont été rapportées à la matière sèche on peut déduire, à titre d'exemple, que la couche verte d'Esch a été approximativement constituée par un mélange de 71,8 parties du dépôt ferrugineux des eaux, de 24,5 parties de marnes, de 23 parties de mollusques et de 25 parties de poissons et d'autres vertébrés.

Mais, d'une façon plus générale, la reconstitution du mélange originel permet de reconnaître l'ampleur des phénomènes métamorphiques, s'étendant du premier effet d'une putréfaction réductive aux dernières réactions secondaires d'une décomposition oxydante au cours de laquelle l'oolithe colloïdal s'est formé.

GÉOLOGIE. — *La série schisto-calcaire du Soudan; son conglomérat de base et sa position stratigraphique par rapport aux séries antérieures.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

J'ai déjà insisté sur la présence d'une série schisteuse individualisée dans le grand complexe des grès horizontaux siluro-dévoniens. Je lui donnerai le nom de série schisto-calcaire pour bien la différencier des schistes redressés et parce qu'elle comporte des bancs calcaires.

Constitution lithologique. — La série schisto-calcaire du Soudan occidental comprend des schistes, des phtanites amygdaloïdes et des phtanites à Radiolaires, des roches siliceuses à Radiolaires, des jaspes, des schistes gréseux, des calcaires cristallins et des calcaires dolomitiques.

L'aspect primitif de la plupart de ces roches a été modifié par des venues doléritiques.

Position stratigraphique par rapport aux séries antérieures. — Dans une Note récente (1), j'ai comparé cette série aux sédiments analogues de Mauritanie, de Guinée et de Gold Coast. J'ai émis cette hypothèse qu'elle est en partie dévonienne; elle peut comprendre un terme inférieur. Je vais préciser ici sa position par rapport aux séries antérieures. Elle repose tantôt sur le substratum précambrien, tantôt sur les grès inférieurs.

a. Sur le substratum précambrien. — Dans le massif du Guidimaka, au nord-ouest de Kayes, M. Lenoble (2) a observé les schistes directement sur le substratum ancien représenté par des schistes cristallins, des granites écrasés et les schistes et quartzites redressés. Plus à l'Ouest, dans le Cercle de Bafoulabé, ils reposent en discordance sur des calcaires redressés.

Dans le Nord (Cercle de Néma), les seules roches étrangères à la série schisteuse, que j'aie vues, sont des granites écrasés. Les contacts sont masqués par les alluvions et les sables.

b. Sur les grès inférieurs. — Dans la vallée du Sénégal, la série schisto-calcaire est parfois supérieure aux grès; aux environs de Nioro, elle repose sur des grès à ripple-marks.

Dans le sud du Kaarta et dans le Fouladougou, au nord et au sud du Baoulé, j'ai découvert le conglomérat de base de la série schisto-calcaire. Depuis le village de Faréna jusqu'à la vallée du Sibindikélé, soit sur 40^{km}, en discordance légère sur des grès-quartzites à Faréna et sur les grès horizontaux partout ailleurs, j'ai pu suivre ce conglomérat, puissant d'une dizaine de mètres.

C'est un grès dur, de teinte foncée, un peu métamorphisé par les venues doléritiques postérieures; il est essentiellement composé de grains de quartz, de micas altérés, de feldspaths et d'un peu de calcite. Il contient de nombreux galets, dont la taille peut atteindre 10^{cm}. Ces galets roulés sont de nature très variée : grès, grès-quartzite, schiste, quartz, calcaire cristallin, gneiss et granite écrasé. Les grès et grès-quartzites constituent le substratum habituel de la région. Le quartz, les schistes, les gneiss et les granites appartiennent au socle précambrien, actuellement inconnu à

(1) R. Furon, *De l'extension du Dévonien marin en Afrique occidentale* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 996).

(2) A. Lenoble, *Étude géologique des Cercles de Kayes et de Bafoulabé* (*Bull. du Com. d'Ét. hist. et scient. de l'A. O. F.*, 10, 1926, p. 554).

moins de 200^{km}. Les calcaires cristallins sont connus dans le Cercle de Bafoulabé à une centaine de kilomètres. Ces observations nous amènent à penser que le substratum précambrien n'est pas loin, dans des régions encore inexplorées, comme la boucle du Baoulé par exemple. De plus, la présence de galets de calcaire cristallin rappelle la position redressée des calcaires cristallins du Cercle de Bafoulabé.

Conclusions. — 1° La série schisto-calcaire du Soudan repose tantôt sur le substratum précambrien redressé, tantôt sur les grès inférieurs horizontaux.

2° Les galets exotiques du conglomérat de base découvert dans le Kaarta et le Fouladougou indiquent une transgression marine et témoignent du voisinage relatif du substratum précambrien.

3° La présence de galets de calcaires cristallins permet de distinguer des calcaires anciens appartenant probablement à la série des schistes et quartzites redressés.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de phénomènes de charriages dans la zone de gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace).* Note de M. **N. Arabu**, présentée par M. L. Cayeux.

Des recherches commencées il y a plusieurs années dans les Vosges cristallines, entre le Strengbach et la Liépvrette, m'ont amené à la découverte de preuves indiscutables de charriages.

La région est faite de *gneiss* divers (gneiss à biotite, à sillimanite, à cordiérite, etc., avec des intercalations de *calcaires cristallins* et d'*amphibolites*), qui alternent avec des granites, également très variés. L'ensemble supportant des lambeaux de Houiller, de Permien et de Grès vosgien, appartenant au champ de fractures interne du Haut Kœnigsbourg [N. Arabu, *Sur la tectonique du champ de fractures du Haut Kœnigsbourg* (*Comptes rendus somm. Soc. géol. de France*, 1927, p. 115 et fig.)], est poussé vers le Sud sur le granite porphyroïde. Les granites sont très développés et se laissent répartir, d'après leurs relations mutuelles et avec les gneiss, en deux séries : il y a une *venue ancienne*, très écrasée, rubéfiée, souvent mylonitisée, à laquelle s'oppose une série plus récente, plus variée, souvent caractérisée par la présence de la muscovite (*granite de la Verrerie, de Dambach, du Brézouard, de Bilstein, de Lièpvre*, etc.) et aussi un *granite porphyroïde à biotite*, semblable au granite rubéfié, mais de teinte grise et d'un aspect frais. Tous ces

granites de deuxième venue traversent le granite ancien et s'insinuent, dans les gneiss, sous forme de filons-couches de toutes les dimensions.

Ces faits dénotent vraisemblablement une très longue histoire, que la tectonique de l'ensemble est susceptible d'aider à déchiffrer.

Sur le bord méridional, les gneiss sont chassés sur le granite; le contact est marqué par des gneiss œillés et aussi par une mylonite gneissique, doublée d'une mylonite granitique d'un gris bleuâtre, atteignant ensemble, par endroits, plusieurs mètres d'importance. Le phénomène est particulièrement visible le long de la chaussée, récemment élargie, entre les deux hôtels du Schænzel et du Ht. Kœnigsbourg; il prend ici l'aspect d'une nappe de charriage qui est précédée par un lambeau de recouvrement, posé sur le granite. Ici le charriage est indiscutable et se laisse suivre sur plusieurs kilomètres vers l'Est jusqu'à Orschwiller, situé sur la faille vosgienne. Sur d'autres points, des mylonites sont moins développées; mais elles sont très fréquentes et, dans plusieurs endroits, elles sont accompagnées de *micaschistes à deux micas;* ces roches prennent ainsi une signification tectonique et permettent de suivre ces mouvements dans les gneiss de l'Ouest. On ne peut donc parler toujours de charriages, les unités ainsi délimitées sont le plus souvent des *écailles* se chevauchant vers le Sud; on en compte quatre, peut-être cinq, dans le bassin de Sarrebach et près du Schaenzel, où le grand développement des mylonites paraît marquer le front charrié de l'ensemble, celui-ci se montre poussé sur une nouvelle écaille gneissique, chevauchant à son tour le granite rubéfié, consolidé par des venues plus récentes, qui affleure sous la forêt de Thannenkirch. C'est à ce mouvement vers le Sud qu'est due, en grande partie, la zone de mylonites de couleur foncée, près de la Liépvrette, que j'ai suivie vers l'Est, également jusqu'à la grande faille, près Kintzheim. Mais son établissement a été achevé par des mouvements vers le Nord, qui semblent postérieurs. Le fait est visible aux environs de Lièpvre; au sud du village, les mylonites noires sont poussées vers le Sud, tandis qu'au Nord, vers Rombach-le-Franc, les plongements vers le Nord sont recoupés par des surfaces de chevauchement, inclinées vers le Sud. Ce mouvement vers le Nord est plus fréquent dans la *zone des gneiss d'Urbeis* et prédomine à son contact, décrit par J. Jung, avec les schistes de Villé [J. Jung, *Contribution à l'étude des Vosges hercyniennes* (*Mém. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, Strasbourg, 1928, p. 376 et suiv., et fig. 14)].

Cette observation permet un départ entre les nombreux granites de la région. En effet, la mylonite de Saint-Hippolyte est granitisée; on observe

bien, sur son fond bleuâtre, l'apparition de plages de nouveaux cristaux de feldspath. On doit donc se demander sur quoi reposait-elle avant la granitisation. L'idée la plus simple est que le granite porphyroïde existait déjà et qu'il a été reconsolidé par une nouvelle venue.

Dans l'ensemble, il y a trois grandes catégories de faits : d'abord, la *gneissification;* ensuite, *la mise en place du granite porphyroïde ancien*, qui se trouve sur plus d'un point entraîné à la base des écailles; enfin, *la cémentation* de ce dernier par les autres granites, et *la granitisation des mylonites*. Il est admis que les gneiss sont précambriens. Il paraît, d'autre part, très vraisemblable de mettre au compte des *mouvements hercyniens* l'intrusion des granites à muscovite et du granite gris, qui peuvent être considérés comme les faciès locaux d'un même magma, malgré leur mise en place en plusieurs temps. Quant aux granites anciens et aux phénomènes de chevauchements et de charriages, qui ont pu être accentués plus tard, il est mieux d'admettre des mouvements plus anciens : en effet, les intrusions récentes, en même temps que la granitisation des mylonites, ont déterminé la résorption, sur de grandes épaisseurs, de l'ancien édifice d'écailles. On peut donc admettre des *mouvements calédoniens*, hypothèse appuyée par le fait que dans le bassin de la Bruche le Dévonien débute par des conglomérats à éléments de granite.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la constitution de la montagne de Perrier, près d'Issoire (Puy-de-Dôme).* Note [1] de MM. **Louis Dangeard** et **Pierre Bout**, présentée par M. Ch. Jacob.

A quelques kilomètres à l'Ouest d'Issoire, au bord de la Couze, qui descend du Mont-Dore, s'élève la montagne de Perrier, célèbre par la présence d'une riche faune pliocène et d'un conglomérat dont le mode de dépôt a été très discuté.

L'intérêt de cette région est loin d'être épuisé. Tout récemment encore, M. Baulig [2] et M. Albert Michel-Lévy [3] apportaient une contribution importante à son étude.

---

[1] Séance du 27 juin 1932.

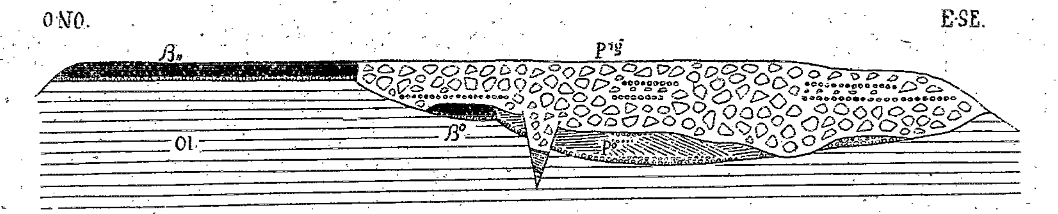
[2] H. Baulig, *Le Plateau Central de la France. Étude morphologique*. Paris, Armand Colin, 1928.

[3] Albert Michel-Lévy, *Sur les conditions de dépôt des conglomérats de Perrier (Puy-de-Dôme)* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1042).

Des observations, appuyées sur le levé d'une carte détaillée et sur de nombreuses mesures altimétriques, nous permettent de préciser certains traits de l'histoire géologique du plateau.

Tout d'abord, la coupe nouvelle ci-dessous appelle les principales remarques suivantes :

1° A l'Est-Sud-Est, l'Oligocène du substratum dessine un flanc de vallée; 2° Le pliocène fluviatile (p^0) présente des variations de faciès intéressantes : les cinérites et argiles bien litées du ravin de la Grand'Combe passent à l'Est, par un contact latéral



Coupe du plateau de Perrier.

Ol, oligocène. — β_2, basalte supérieur reposant sur les sables à chailles. — β^0, basalte inférieur zéolites. — p^0, pliocène fluviatile. — $p'g$, conglomérat supérieur. — Hauteurs multipliées par 3.

assez brusque, à des sables et graviers ponceux. Dans l'épaisseur de ces sables s'observent des lentilles de galets qui décèlent l'existence de courants de direction Nord-Est; 3° La faille des auteurs [Michel-Lévy et Munier-Chalmas, *Étude sur les environs d'Issoire* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 17, 1889)] n'a, selon nous, qu'une importance locale et correspond à un paquet d'Oligocène et de Pliocène effondré à la lisière du plateau; 4° Le creusement maximum s'est produit un peu à l'Est de ce point; 5° Le conglomérat (p^{1g}) ravine profondément les autres couches, déblaie par endroits la totalité du p^0 et entame même l'Oligocène; 6° Les cordons de galets supérieurs, figurés par Munier-Chalmas et Michel-Lévy sur leur coupe, n'intéressent que le bord Sud du plateau et sont donc orientés comme la Couze actuelle.

Si maintenant, en tenant compte des données anciennes et nouvelles, nous cherchons à retracer l'histoire géologique du plateau, nous pouvons rapidement dégager les faits suivants.

Le basalte supérieur reposant sur les Sables à chailles occupe l'emplacement d'une ancienne vallée dirigée SO-NE. Le creusement postérieur s'est effectué latéralement; il s'est heurté en aval à un massif granitique résistant; en amont, au contraire, il a déblayé facilement l'Oligocène et abouti à un surcreusement qui explique en partie l'épaisseur atteinte par les formations pliocènes du remblaiement. A un premier stade de creusement s'épanche le basalte inférieur dont nous avons retrouvé une longue traînée de blocs dans la petite vallée de Boissac. Le creusement continue

ensuite latéralement jusqu'à la cote 460. Puis le remblaiement commence : 1° avec le p^0, sous forme de galets, graviers, sables, ponces, cendres acides, qui se déposent, suivant leur densité, dans les zones de calme ou de courants qui occupent le cours inférieur de la Couze pliocène surcreusée; 2° avec le p^{1g}, sous forme de coulées boueuses d'origine volcanique descendues du Mont-Dore en entraînant des blocs de roches diverses. Avant la fin du remblaiement se place un changement hydrographique important : la Couze pliocène, abandonnant son cours inférieur partiellement comblé, rejoint l'Allier à l'Est au lieu d'obliquer au Nord-Est. L'érosion quaternaire a modelé le plateau tel que nous le connaissons aujourd'hui. La Couze a définitivement creusé son lit Ouest-Est. L'Allier a mordu dans la paroi Sud-Est de l'ancien thalweg. Le ruisseau de Boissac a partiellement dégagé de sa couverture pliocène l'autre paroi.

GÉOLOGIE. — *Sur le Stéphanien des Ida ou Zal (Maroc occidental).* Note [1] de M. L. Clariond, présentée par M. Ch. Jacob.

Le Stéphanien affleure sur le versant Sud du Haut-Atlas, au Nord de la route d'Agadir à Taroudant, dans la région dite des Ida ou Zal (Feuille d'Ameskhoud Ouest au 1/200000e).

Il s'agit d'un bassin se développant sur 18km, de l'Est vers l'Ouest, entre les massifs primaires des Ida ou Toursat et des Ida ou Merouane. Au Nord, il est limité par la Faille d'Agadir ou Anzizen qui prolongerait l'Anticlinal du Lgouz; au Sud, il disparaît sous les alluvions du Souss.

Il a été sommairement décrit par Ed. Roch [*Études géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental* (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*. Rabat, 1930)]. Les études de détail récentes de M. Galhausen et de l'auteur, complétées par les travaux que, sur les indications de ce dernier, MM. Charrette et Gouskov ont exécutés, montrent la complexité de la région au triple point de vue lithologique, sédimentaire et tectonique.

1° *Du point de vue lithologique.* — L'ensemble des couches est certainement d'âge stéphanien, d'après une flore abondante qu'étudie actuellement M. Paul Bertrand. Il comprend trois termes :

---

(1) Séance du 27 juin 1932.

a. Un houiller de base (H_1), constitué par des grès et des conglomérats rouges, absolument identiques au Permo-Trias des géologues marocains.

b. Un houiller moyen (H_2), comportant des grès vert clair ou gris, avec intercalations de gros bancs de conglomérats.

c. Un houiller supérieur (H_3), représenté uniquement par des grès gris et des schistes noirs, très micacés vers la base, plus gréseux vers le sommet.

L'ensemble est couronné par des conglomérats blancs formant la base du Permo-Trias. Cette zone de passage, observable dans la vallée de l'Oued Aït Moussi en aval de Tirkou, n'existe dans les Ida ou Zal que dans la partie Ouest du bassin vers Tikhibit.

2° *Du point de vue sédimentaire.* — La puissance des séries est variable. Le houiller de base (H_1) comporte sa plus grande épaisseur, soit 500^m environ, à l'Est de Tizi Malou; il diminue rapidement et disparaît même à l'Ouest vers le centre du bassin. La même irrégularité est observable pour les étages H_2 et H_3. L'épaisseur maxima de H_2 passerait sur le méridien du Tizi Malou et celle du H_3, à hauteur de l'oued Tamda, où elle atteint près de 800^m. *L'empilement des assises se présente ainsi, de l'Est vers l'Ouest, avec des amandes allongées remplissant une fosse profonde dont les pentes doivent être raides.*

Les variations d'épaisseur paraissent dues à quatre causes, dont nous ne pouvons préciser ici les effets isolés. Ce sont :

a. Le dépôt irrégulier sur un fond paléozoïque non encore parfaitement pénéplainisé;

b. L'affaissement progressif de ce fond, tendant à la création d'une cuvette;

c. Le laminage des assises par des efforts tectoniques;

d. Enfin, suivant une hypothèse suggérée par Ed. Roch, l'emboîtement d'aires d'épandages, analogues à celles que déposent les oueds sahariens actuels.

3° *Du point de vue tectonique.* — Du Nord au Sud, le Stéphanien constitue dans l'ensemble une aire anticlinale déversée au Sud, dans l'axe de laquelle apparaissent, à l'Est d'El Mnizla, des grès, des calcaires et des quartzites, où M. Pierre Pruvost a identifié le Gothlandien supérieur avec des fossiles comparés à *Orthis Edgelli* et à *Orbiculoidea Verneuili*. Le flanc Nord, quoique affecté d'ondulations de détail, est de style calme. Mais le flanc Sud, redressé à la verticale ou même renversé, est extrêmement complexe. L'ensemble des faits permet de penser que ce flanc a été laminé par le jeu des mouvements post-oligocènes qui ont affaissé la zone subaltasique de l'Atlas méridional. L'accident de bordure que figure M. Moret dans ses schémas tectoniques [L. Moret, *Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech* (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*. Rabat, 1931)].

limiteraient ainsi le Stéphanien. Cet accident passe en fait à 1^{km} environ au Sud d'El Mnizla; il a été recoupé par des travaux de recherches exécutés par la Société des Mines de Tirkou.

GÉOLOGIE. — *Interprétation de la série stratigraphique de la région d'Entifa et des Beni Ayatt (Maroc central) et hypothèse concernant d'autres régions marocaines.* Note (¹) de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Ch. Jacob.

La série stratigraphique de la région d'Entifa et des Beni Ayat, décrite récemment (²), comprend le Trias, le Lias, le Dogger et peut-être le Jurassique supérieur *pro parte*, recouverts en transgression par un Crétacé moyen néritique.

Il s'agit, dans l'ensemble, d'une superposition de niveaux rutilants, à gypse, à sels, avec lits marneux riches en empreintes végétales et en coulées intercalées de basalte doléritique. Ces niveaux sont au nombre de trois : le premier triasique, le second postpliensbachien; le dernier repose sur le Dogger. Ils sont séparés les uns des autres par des couches nettement marines, néritiques, à Brachiopodes.

Sans nul doute, on a affaire à un complexe laguno-continental, limitant le bord oriental du Massif ancien émergé du Maroc au début de l'époque secondaire (³). Les dépôts de la mer libre sont bien connus plus à l'Est, dans le Haut-Atlas oriental et le Moyen-Atlas. Il est légitime de supposer que chacun des niveaux lagunaires passe latéralement à des couches nettement marines. De fait, M. E.-F. Gauthier (⁴) en a signalé dans la région d'Ouaouizert; M. J. Bourcart (⁵), dans celle de Beni Mellal.

La série stratigraphique décrite dans les Entifa présente de remarquables

(¹) Séance du 27 juin 1932.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2151.

(³) E. Roch, *Études géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental*, pl. XXV, carte 3 (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, Rabat, 1930).

(⁴) E.-F. Gauthier et J. Savornin, *Les couches rouges d'Ouaouizert* (*Maroc Central*) (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 12 et 1218).

(⁵) J. Bourcart, *Quelques données sur le problème de la limite entre le Haut-Atlas et le Moyen-Atlas marocain* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 536).

analogies avec celle étudiée par M. L. Moret dans la région de Télouet [*Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech*, p. 112-127, fig. 18 *bis*, et p. 234, fig. 38 (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*. Rabat, 1931)]. Cet auteur y interprète les caractères de la série jurassique comme fournissant une preuve de l'existence, à cette époque, d'un massif exondé dans le Haut-Atlas. Le complexe d'Entifa prolonge cette preuve dans une région qui fait suite à la première vers le Nord. Les observations de M. Bourcart étendent encore l'hypothèse.

Il devient alors possible de tracer, sur une carte du Maroc, les contours de la mer du Lias et du Jurassique moyen, en s'aidant de la présence des niveaux lagunaires.

Au delà de Kasbah Tadla, en direction du Nord, de semblables dépôts sont inconnus. Les affleurements de Cénomanien les plus orientaux, ceux des régions de Boujad et de Kasbah ben Ahmed, reposent directement sur le Primaire. Le rivage liasique devait donc passer plus à l'Est encore.

Franchissant le parallèle de Rabat, on arrive dans le R'arb. On n'y possède aucune donnée relative à la paléogéographie pendant le Lias et le Jurassique moyen. Les terrains de cette période n'affleurent nulle part et n'ont pas été rencontrés dans les sondages.

M. Daguin (1), pour des raisons d'ordre tectonique renforcées par l'examen des caractères microscopiques des *Grès du Zerhoun*, a été conduit à admettre l'existence d'un massif du R'arb émergé à certaines époques du Jurassique; ce massif aurait de plus joué le rôle de môle résistant lors des plissements rifains.

Il n'est pas impossible que le massif du R'arb ait été exondé pendant le Lias et le Dogger et, qu'à proximité de son rivage, se soient déposées des formations ressemblant à celles du Trias dans des conditions analogues à celles étudiées dans les Beni Ayatt. Au Maroc, on a toujours considéré comme triasique un complexe lagunaire comportant des marnes et des grès rouges rutilants, accompagnés de gypse, de sel et de produits volcaniques, mais n'ayant fourni aucun fossile jusqu'à ce jour. Ces éléments paraissaient suffire pour dater le terrain, en l'absence de tout reste organique. Nous venons de voir qu'il n'en est plus ainsi, maintenant que l'on sait que de pareils caractères se retrouvent identiques à d'autres niveaux de l'échelle

(1) F. Daguin, *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine* (*Maroc occidental*) (*Thèses Sc.* Paris, 1927, notamment page 365).

stratigraphique [1]; et, pour l'interprétation générale du R'arb, il ne sera peut-être pas inutile de penser à des variations latérales ayant provoqué des récurrences de faciès identiques à diverses périodes.

Allant plus loin, on peut se demander si des phénomènes sédimentaires analogues ne se seraient pas répétés durant les mêmes époques en bordure du continent saharien. Ce qui, jusqu'à présent, a été considéré comme d'âge triasique, pourrait alors être rajeuni, dans une part à vrai dire encore très difficile à déterminer. M. J. Barthoux l'a montré depuis longtemps en ce qui concerne la région de Bou-Denib. Nous confirmons ses observations, M. P. Fallot et moi, pour ce qui est de Ksar es Souk, dans la vallée de l'Oued Ziz. Rien n'empêche de supposer qu'il en a été de même tout le long de la limite méridionale des affleurements liasiques, limite mal connue dans le détail entre le méridien d'Oran et celui de Bougie, exception faite pour le Sud-Oranais occidental.

GÉOLOGIE. — *Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine; leur origine.* Note [2] de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine, décrites par M. Blanckenhorn, n'ont pas encore été interprétées dans leur ensemble.

Les massifs trapus et les dépressions de la Syrie et de la Palestine ont tantôt les caractères de dômes et de synclinaux, tantôt ceux de horsts et de fossés. Ils résultent de déformations du socle; et la couverture sédimentaire, passive, ne s'est plissée que secondairement. Les massifs et les grandes cassures suivent le littoral méditerranéen, mais le socle primitif se poursuivait au delà vers l'Ouest. L'ensemble des massifs et des tables faillés n'est qu'un reste d'une ancienne zone faible, comprise dans le socle primitif, qui, soumise à des tensions prolongées, a fini par se rompre. Les massifs ne peuvent donc être rattachés directement à l'orogénèse du géosynclinal taurique, ainsi que le font L. Kober et E. Krenkel. L. Kober assimile le Liban et l'Anti-Liban au Jura; le fossé du Jourdain, au fossé du Rhin; enfin la Palestine et la Transjordanie, à la Forêt Noire et aux Vosges. E. Krenkel

---

(1) La question du Trias et des « couches rouges » a été traitée par divers auteurs déjà et notamment par M. A. Beaugé (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 24, 1924, p. 254).

(2) Séance du 27 juin 1932.

imagine une guirlande de plis allant de l'Egypte au Taurus, formant le bord externe d'un pays plissé, primitivement beaucoup plus large, maintenant ennoyé et se rattachant directement au géosynclinal taurique; cette guirlande aurait été dissociée ultérieurement par les cassures africaines. Par contre, les faits se rapprochent davantage des idées de Bayley Willis et de W. von Seidlitz. Bayley Willis montre que l'origine de la structure actuelle doit être cherchée dans des déformations de socle. W. von Seidlitz indique qu'une table devait séparer les massifs syriens des zones de plissement et qu'il y a eu glissement relatif de socles le long de la fosse du Jourdain (*Blattverschiebung*).

Mes conclusions, basées sur des observations détaillées et recueillies au cours d'une exploration qui dure déjà depuis cinq ans, m'ont amené à rechercher comment s'est disloqué l'ancien continent africain. Nous en connaissons trois fragments dans la Méditerranée orientale : le socle africain proprement dit, le socle de l'Arabie et le bloc du Sinaï, celui-ci limité à l'Ouest par la cassure du Canal de Suez, à l'Est par le Golfe d'Akaba, la Mer morte, le Jourdain, puis par une ligne se poursuivant au Nord vers Beyrouth. L'hypothèse d'une dérive des socles étant admise et les déplacements rapportés au socle de l'Arabie supposé fixe, la dislocation du continent primitif peut se ramener à : 1° un glissement du bloc du Sinaï de 160^{km} vers le Sud le long de sa bordure orientale; 2° une rotation du socle africain de 6°,4 dans le sens des aiguilles d'une montre, autour d'un centre situé dans la Mer ionienne.

Ces mouvements permettent d'expliquer les multiples formes structurales de la Syrie et de la Palestine. La rupture du continent primitif a été précédée de la formation de plis de fond SSW-NNE; le Massif alaouite avait pour prolongement le Mont Carmel, et le Liban les montagnes de Judée. La ligne Palmyre-Damas-Jéricho, sensiblement droite, marquait la bordure des régions hautes du socle. Puis la rupture se fit, selon une ligne N-S en Syrie septentrionale, puis NNE-SSW le long du Liban, puis à nouveau N-S de Beyrouth à Akaba. La Syrie du Nord fut dissociée par des cassures N-S, et les crêtes jurassiques du Massif alaouite surgirent, tandis que s'affaissait le fossé du Ghab. Dans la zone du Liban, le socle, s'opposant au déplacement N-S du bloc du Sinaï, fut comprimé, et forma deux vastes plis de fond juxtaposés : le Liban et l'Anti-Liban. Plus au Sud domine le glissement du bloc du Sinaï le long du socle de l'Arabie, juxtaposant la rive occidentale de la zone externe du socle primitif à la rive orientale d'une zone plus interne. Cette dissemblance a été remarquée déjà par Louis Lartet.

L'hypothèse proposée relative à la genèse de la Syrie et de la Palestine attribue donc celle-ci à un cisaillement du socle africain résultant des tensions développées entre l'Afrique ancienne et l'Eurasie. Elle coordonne les grandes lignes structurales et également une multitude de détails stratigraphiques et tectoniques ; mais on ne saurait actuellement lui attribuer une valeur trop absolue : elle est avant tout une indication pour les recherches nouvelles.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la valeur du champ électrique de l'atmosphère aux latitudes élevées.* Note de M. **Édouard Salles**, présentée par M. Brillouin.

Au cours de l'hivernage 1882-1883 au cap Thordsen (Spitzberg 78° lat. Nord), Andrée a exécuté des observations visuelles du champ électrique de l'atmosphère, de novembre 1882 à août 1883 inclus ; chacune comportait deux lectures : la première effectuée six minutes avant, la seconde six minutes après celle des instruments magnétiques qui avait lieu à l'heure ronde. Les valeurs trouvées ont été considérées comme d'un grand poids, et Chauveau, dans son *Traité d'Électricité atmosphérique*, 2, p. 12 et 119, y attache beaucoup d'importance. Elles surprennent par leur faiblesse, la moyenne annuelle de 12 volts ne concorde pas avec celles publiées par d'autres observateurs.

Il est vrai qu'il s'agit de valeurs relatives, puisqu'aucune réduction au plan n'a été faite ; le collecteur à eau, remarquablement installé, avait son orifice à $1^m,87$ du mur de l'édifice et à $3^m,33$ de hauteur, au-dessus du sol.

On trouve dans le *Traité d'Électricité atmosphérique* de Mathias (Mémoire Dongier, p. 67) les résultats suivants :

Simpson à Karasjosk (Laponie) :	Décembre	120 volts
»	Janvier	71 »
»	Février	207 »
Benndorf à Tomsk (12 jours) :	Février	145 »
Wegener au Groenland		80 »

Elster au Spitzberg (4 jours en août) a trouvé des nombres rappelant ceux que l'on obtient les jours normaux aux latitudes moyennes.

De son côté en 1927, Behounek, toujours au Spitzberg, a exécuté des mesures de champ deux fois par jour au moment des mesures d'ionisation

de l'air (27 avril au 13 mai), les valeurs oscillent entre 84 et 360 volts (200 mesures).

Dans l'hémisphère sud, 2758 heures d'observations ont donné à Rouch (île Petermann) une moyenne de 163 volts par mètre.

La faiblesse du champ constatée par Andrée devait être due à un isolement défectueux. En effet, après avoir minutieusement décrit l'installation du collecteur à eau, Andrée écrit, Tome II, p. 5 (1) : « Le collecteur à eau était en communication avec l'électromètre qui se trouvait dans une autre partie de l'édifice, par le moyen d'un fil de cuivre de forte dimension muni d'une épaisse couche de caoutchouc, et constituant la continuation du fil soudé au collecteur. »

Si d'autre part on se rapporte à la planche où est reproduite l'installation, on constate que le conducteur s'élevait du collecteur à eau jusqu'au plafond sur lequel il semble bien avoir été appliqué.

Le caoutchouc ne pouvant être considéré comme un isolant suffisant dans ce genre de recherches, il devait se produire des fuites électriques importantes; les déviations de l'électromètre étaient bien plus faibles qu'elles ne l'auraient été si le fil avait été supporté par des isoloirs comme ceux dont était muni le collecteur.

Telle serait, je crois, la raison pour laquelle les mesures ont donné des valeurs aussi faibles.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Du rôle des phénomènes de propagation dans les enregistrements d'atmosphériques.* Note (2) de M. **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

Un enregistreur du nombre d'atmosphériques par minute, identique à ceux de Paris, fonctionne à Tunis depuis le 3 janvier 1932, un autre à Rabat depuis le 3 juin. Ils sont réglés sur des ondes de l'ordre de 30 kc/s, voisine de l'onde sur laquelle est accordé l'enregistreur de Paris (27,5 kc/s).

Les courbes présentent les mêmes caractères que celles de Paris : maximum d'après-midi et maximum de nuit séparés par un minimum aigu au coucher du soleil; chute brusque au lever du soleil. Le niveau général des

(1) Expédition internationale polaire 1882-1883. Observations faites au cap Thordsen par l'Expédition suédoise.

(2) Séance du 27 juin 1932.

courbes dépend de la situation météorologique qui règne dans la région où se trouve l'enregistreur. Il s'élève très haut chaque fois que des perturbations météorologiques les traversent ou y séjournent. Le minimum du coucher du soleil s'y creuse d'autant moins profondément que la violence des atmosphériques est plus grande, ce qui s'explique si l'on admet que son niveau donne une approximation de l'importance des sources non affectées par la propagation, c'est-à-dire des sources locales ou régionales. Le minimum qui suit le lever du soleil et la chute qui l'accompagne sont beaucoup plus rarement masqués par les atmosphériques de proche origine (conséquence de la variation diurne des sources).

La comparaison des courbes d'Afrique et des courbes de Paris montre une similitude remarquable pour les heures de nuit communes aux enregistreurs. Ramenées à la même échelle, les courbes se superposent souvent alors dans la plupart des détails, témoignant ainsi et de l'absence presque totale de sources locales et de l'existence de sources communes et très éloignées affectant à la fois les enregistreurs. Or ce sont là les conditions les plus favorables à une étude de la propagation. La similitude cesse dès que le jour touche un des enregistreurs, l'arrivée du soleil s'opposant à celle des atmosphériques lointains. On observe alors une chute brutale coupée de brefs palliers et presque toujours suivie, après un très court minimum, d'un maximum secondaire à forme à peu près triangulaire et durant environ une heure. Ce dessin de la courbe, extrêmement caractéristique, se reproduit successivement dans les trois enregistreurs au fur et à mesure du lever du jour sur chacun d'eux.

Il est le fait des seuls phénomènes de propagation et mérite à ce titre d'être comparé aux mesures faites au lever du soleil sur les couches ionisées. E. V. Appleton (¹) a publié un exemple de la variation de hauteur des couches à ce moment. La hauteur de la couche supérieure (couche F) subit une chute brusque coupée de paliers et suivie d'un maximum secondaire qui rappelle l'aspect quotidien des courbes d'atmosphériques. Comparée à la courbe d'atmosphériques du même jour à Paris, la courbe d'Appleton montre que les palliers, maxima et minima sont simultanés. Il est donc vraisemblable que la forme des courbes d'atmosphériques après le lever du soleil est commandée par les variations de hauteur des couches ionisées supérieures et que, jusqu'à un certain point, elle les représente. Il résulte aussi de ces considérations que la propagation nocturne à grande distance

(¹) E. V. Appleton et G. Builder, *Proc. Phys. Soc.*, Part I, 44, 1932, p. 76.

des ondes d'environ 30 kc/s se fait par l'intermédiaire de la couche ionisée supérieure (couche F). Les formes de courbes relatives à des ondes plus longues (12 kc/s) ou plus courtes (90 kc/s) ne révèlent plus l'aspect régulier et caractéristique propre aux ondes de 30 kc/s, ce qui montre que la propagation sur ces ondes (12 et 90 kc/s) ne dépend pas uniquement, ni même en majeure part, des propriétés de la couche F. L'enregistrement des atmosphériques sur 30 kc/s est donc spécialement apte à fournir des renseignements réguliers sur l'état électrique et sur les variations d'altitude de la couche F.

J'ai cherché à voir s'il pouvait tout d'abord donner des indications sur leur répartition géographique et j'ai comparé à cet effet les chutes matinales des courbes de Tunis et de Paris. J'ai relevé un certain nombre de cas où, à un décalage d'heure près, les portions des courbes de Tunis et de Paris après le lever du soleil étaient superposables, ce qui laisse penser que les couches ionisées se comportent parfois de même, le même jour, à des milliers de kilomètres de distance et que leurs variations d'altitude se propagent avec l'aurore sans se modifier sensiblement.

L'action des phénomènes de propagation ne se limite pas aux phénomènes du lever et du coucher du soleil. Voici un autre cas où ils agissent : certains météores (grains, averses orageuses) s'inscrivent sur les courbes en les rehaussant très fortement d'abord, puis en les creusant profondément pendant quelques minutes. Ce phénomène, assez rare à Paris, semble plus fréquent à Tunis. Il révèle une action du météore sur la propagation des ondes provenant d'atmosphériques lointains, comme on peut d'ailleurs le vérifier par l'écoute d'émissions lointaines.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Intensité du rayonnement cosmique à 16000^{m} d'altitude*. Note (¹) de MM. **A. Piccard**, **E. Stahel** et **P. Kipfer**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'ascension du 27 mai 1931 du ballon libre F. N. R. S. visait principalement l'étude du rayonnement cosmique dans les couches élevées de l'atmosphère.

Nous avons employé deux méthodes de mesure : la chambre d'ionisation et le compteur Geiger-Müller.

(¹) Séance du 27 juin 1932.

La chambre d'ionisation, d'un volume utile de $3^l,35$ (remplie de CO^2 à 7^{atm}), avec électromètre Lindemann, a donné, entre 15500 et 16000^m d'altitude, une ionisation moyenne de 1550 paires d'ions par cm^3/sec. Afin de ramener ce nombre à l'ionisation de l'air normal, nous avons utilisé les coefficients établis par Hess et d'autres, ce qui nous a amenés à une constante de réduction de 7,7. L'ionisation résiduelle (radioactivité propre de la chambre) a été déterminée dans les laboratoires de M. Hess à Innsbruck (574^m) et au Hafelekar (2300^m). Elle est de 32 paires d'ions par cm^3/sec. On trouve donc une ionisation $I = 1150\text{-}32/7,7 = 197$ *paires d'ions par* cm^3*/sec* pour l'air normal. Cette valeur se place bien sur la prolongation de la courbe donnant, d'après Kolhörster, l'ionisation jusqu'à 9300^m; à cette dernière altitude, Kolhörster avait trouvé environ 85 paires d'ions.

La sensibilité des appareils de mesure était largement suffisante, mais l'humidité croissante dans la cabine ayant gêné les mesures électrostatiques, nous ne pouvons pas indiquer de limite de précision pour ce chiffre. La publication dans les quotidiens, peu de temps après l'ascension, d'une valeur de I beaucoup plus petite reposait sur une erreur qui a été éclaircie depuis (résistance d'un voltmètre court-circuitée).

Le *compteur Geiger-Müller* employé avait les dimensions suivantes : longueur 25^{mm}, diamètre 6^{mm}, diamètre du fil oxydé $0^{mm},3$; la tension appliquée, environ 1300 volts, était fournie par une batterie de piles Wifan. Les décharges ont été observées au moyen d'un électromètre à fil (4^μ Pt, 10^{mm} de longueur) et enregistrées photographiquement sur film mouvant. Nous avons obtenu 70 décharges par minute (moyenne de 1660 déviations comptées). Les décharges résiduelles étaient d'environ 10 par minute. Les rayons gamma de 2^{mg} de radium, placés à 200^{cm} de distance, donnaient 24 décharges par minute. D'autre part un tel rayonnement gamma produit dans une chambre de Kolhörster environ 250 paires d'ions par cm^3/sec.

Ces chiffres montrent que le compteur accuse également une très forte augmentation du rayonnement cosmique à 16000^m. Une bonne interprétation des résultats ne sera cependant possible que quand on aura effectué d'autres mesures dans des altitudes intermédiaires.

Nous sommes actuellement en train d'équiper le F. N. R. S. pour une nouvelle ascension et nous espérons pouvoir obtenir des résultats plus précis et plus complets.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques caractères de sexualisation cytoplasmique chez les Algues et les Champignons.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, transmise par M. d'Arsonval.

De recherches en cours sur les Algues se dégagent quelques résultats qu'il nous paraît intéressant de signaler avant d'attendre une étude plus complète. Ces résultats sont en effet suffisants pour montrer l'existence, dans le groupe des Algues isogames, d'une sexualisation cytoplasmique analogue à celle que nous avons décrite dans d'autres organismes. Ils apportent ainsi une justification à l'orientation nouvelle de recherches que nous avons proposée.

Nos recherches ont porté sur une Algue du genre *Zygogonium* (*Z. pectinatum*) (¹). M. Chadefaud a bien voulu nous procurer ce matériel, dont il a fait la détermination.

L'étude des filaments de *Zygogonium*, en période de conjugaison, par la méthode de coloration aux leucodérivés, donne les résultats suivants : Le réactif utilisé s'oxyde dans la cellule et l'apparition de la couleur, indice de l'oxydation, se réalise, tout d'abord, au niveau de granules ou de courtes baguettes du cytoplasme. D'après ce que nous avons décrit, dans des types cellulaires très divers, sur le pouvoir oxydant du chondriome, nous pensons que les éléments à la surface desquels apparaît le début de l'oxydation sont les constituants du chondriome. Toutefois, notre étude sur le cytoplasme de *Zygogonium* n'est pas encore assez complète pour que nous puissions affirmer qu'il y a une analogie parfaite entre les figures données par la distribution de ces granules oxydants du cytoplasme et la topographie du chondriome révélée par les méthodes classiques. Si, comme cela est probable, cette analogie était établie, par une étude plus complète, elle montrerait l'existence, dans l'espèce étudiée, d'une sexualisation du chondriome analogue à celle que nous avons décrite chez les Sporozoaires. En effet, lorsque deux gamètes sont rapprochés pour la fécondation, l'un est plus riche que l'autre en granules oxydants.

Nous pouvons être plus affirmatif en ce qui concerne un autre caractère de sexualisation dont la portée est plus générale.

(¹) Pour se conformer à la nomenclature moderne, il conviendrait, d'après M. Chadefaud, de donner à cette espèce le nom de *Zygnema pectinatum* (Vaucher) Ag.

Lorsque deux gamètes sont en contact, pour la fécondation, leur comportement vis-à-vis du réactif oxydable n'est pas le même. L'un des deux gamètes a un pouvoir oxydant supérieur à celui de l'autre. Rapprochons ce résultat de l'énoncé de la première loi de sexualisation : « La valeur du pouvoir d'oxydation intracellulaire est un caractère de sexualisation du cytoplasme; dans une espèce, les cellules polarisées dans le sens femelle ont un pouvoir d'oxydation inférieur à celui des cellules polarisées dans le sens mâle. » Nous pouvons conclure que la sexualisation cytoplasmique existe chez les Algues isogames. Le gamète qui a le pouvoir oxydant le plus élevé est le gamète mâle.

Ce caractère de sexualisation, portant sur le pouvoir oxydant du cytoplasme, existe, déjà, dans les gamètes des filaments, avant la période où ces gamètes se trouvent en contact pour la conjugaison. Il est même antérieur à la différenciation morphologique des gamètes. Deux filaments parallèles assez rapprochés l'un de l'autre, en vue d'une future conjugaison, ont des cellules végétatives qui se trouvent déjà polarisées sexuellement au point de vue physico-chimique. Nous considérons, d'après la première loi de sexualisation, que le filament dont les cellules ont un cytoplasme à pouvoir oxydant plus élevé est le filament mâle.

La polarisation sexuelle porte sur l'élément cellulaire. Si presque toutes es cellules d'un filament se trouvent orientées vers le même sexe par leurs caractères physico-chimiques, il y a parfois, dans un filament de sexe ainsi déterminé, quelques cellules qui, par leur pouvoir d'oxydation, se trouvent polarisées vers l'autre sexe. Cette constatation doit être rapprochée de la possibilité d'une fécondation entre deux cellules d'un même filament.

La polarisation sexuelle se manifestant par l'existence d'un caractère physico-chimique différentiel entre deux filaments, il est possible de concevoir, en accord avec ces faits, l'existence de la sexualité relative chez les Algues.

Conclusions. — La sexualité cytoplasmique existe chez les Algues isogames. Elle se manifeste par l'apparition de différences sexuelles physico-chimiques en accord avec la première loi de sexualisation. Ces qualités physico-chimiques sont des caractères primitifs de la sexualité. Elles sont antérieures à la différenciation morphologique des gamètes.

Les résultats de nos recherches sur les Champignons montrent également que la première loi de sexualisation se vérifie dans l'espèce *Pythium de Baryanum*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique de la Petite Pervenche* (Vinca minor *L.*). Note de M. **Fr. Rutishauser**, transmise par M. Marcel Delépine.

La Petite Pervenche, *Vinca minor* L., qui fut une sorte de panacée au Moyen Age et si vantée par Mme de Sévigné, n'est plus, à l'heure actuelle, qu'un remède populaire assez rarement employé.

Les connaissances sur sa composition chimique sont très réduites et sans grande valeur scientifique. Toutefois, il était permis de supposer qu'en tant qu'Apocynée elle pouvait contenir quelque substance intéressante au point de vue pharmacologique, et c'est pourquoi, sur les conseils de M. le prof. Em. Perrot, nous en avons entrepris l'étude, dont voici les premiers résultats :

Les profondes modifications que la dessiccation apporte dans la composition des plantes, par suite des actions diastasiques qui suivent le déséquilibre que produit la mort, ont conduit à employer pour ces recherches l'intrait de cette plante, préparé, sur notre désir, par les établissements Dausse, selon la méthode de stabilisation des plantes fraîches, préconisée par MM. Perrot et Goris.

Cette forme extractive spéciale se présente sous forme d'une masse brun clair, amère, astringente et fortement hygroscopique. Cette hygroscopie s'explique par le fait qu'on se trouve en présence des corps complexes dans l'état où ils existent dans la plante fraîche, dissous dans le suc cellulaire. Il est évident que cette eau ne joue pas seulement le rôle de simple solvant, mais entre en quelque sorte dans la composition moléculaire. Une certaine quantité d'intrait a été placée dans l'étuve à 60° pendant 27 jours; on constate au cours de cette période que l'intrait se gonfle et perd environ 6 à 7 pour 100 d'eau; il se transforme en une masse brun foncé, qui *n'est plus hygroscopique* mais qui, contrairement à l'intrait primitif, n'est plus entièrement soluble dans l'eau.

A l'analyse, cet intrait accuse 12,5 pour 100 de matières minérales, surtout composées de sels de calcium, et la solution est franchement acide.

D'après les quelques indications fournies par une bibliographie très restreinte, la Petite Pervenche contient des tanins. L'expérience prouve que le perchlorure de fer provoque, en effet, une coloration vert noirâtre très intense; par contre, ni la gélatine, ni la solution d'émétique ne donnent

lieu à aucun précipité. De plus, un essai pratiqué à l'aide de poudre de peau, selon la méthode standard, démontre que la peau n'absorbe absolument rien, d'où la conclusion que la Petite Pervenche ne renferme aucune matière tannante.

Il convient donc, d'accord avec les idées de MM. Perrot et Goris émises en 1909 (1), de désigner ces corps, qui se trouvent probablement dans la plante fraîche à un état préliminaire, sous le nom des « tanoïdes », et nous avons cherché à les séparer et les identifier.

Après plusieurs essais infructueux, notamment par l'emploi d'acétate de cuivre et de zinc, nous avons eu recours à la solution d'acétate neutre de plomb à 20 pour 100. Le précipité, de couleur brun marron, lavé, dispersé dans l'eau dans laquelle il est peu soluble, est débarrassé de plomb par l'hydrogène sulfuré; ce dernier est chassé par évaporation au bain-marie et la liqueur concentrée à un faible volume. En augmentant progressivement le titre alcoolique de la solution, on obtient une série de précipités successifs. Le premier, de couleur brun gris, contient 18 pour 100 de chaux; la solution est peu acide et dépourvue de pouvoir rotatoire. Le second, qui est havane clair, contient 3,5 pour 100 de chaux; sa solution est acide et sans rotation appréciable. Le troisième, jaune brun, ne laisse pas de cendres en quantité dosable; sa solution est acide et montre une rotation à gauche très nette et d'environ $-1°,1$. Le quatrième est jaune clair, hygroscopique, et sa solution acide possède une déviation polarimétrique de $-19°$; il ne contient pas de cendres. On constate ainsi que le *pouvoir rotatoire croît à mesure que la teneur en matière minérale diminue.*

Les quatre portions sont solubles dans l'eau et donnent les réactions des tanins protocatéchiques; traitées pendant une heure au bain-marie avec de la lessive de potasse concentrée, elles donnent, après acidification et épuisement par l'éther, un résidu cristallisé qui fond à 194° et fournit les réactions de l'acide protocatéchique. Ces mêmes tanoïdes, soumis à l'hydrolyse acide, donnent un précipité phlobaphénique contenant très peu d'acide protocatéchique libre, et qui, après fusion avec la potasse, de même que par distillation à sec, donne de la pyrocatéchine.

Les trois dernières fractions mettent en liberté, par hydrolyse acide à chaud, et en quantité correspondant au pouvoir rotatoire, un sucre qui possède les réactions d'une cétose, qui est lévogyre et dont l'osazone cristallisée, sur laquelle nous nous proposons de revenir, est fusible à 202°.

(1) *Bull. Sc. Pharmacol.*, 16, p. 189. Paris, 1909.

Outre ces tanoïdes, nous avons pu séparer de l'intrait, grâce au sel de plomb, un glucoside vrai, lévogyre, non cristallisable jusqu'alors, donnant une coloration violet pur avec le perchlorure de fer, précipitable par le sous-acétate de plomb en jaune clair.

L'hydrolyse acide à chaud met en liberté une aglycone, cristallisant dans l'éther, fusible à 202°, donnant les réactions de l'acide pyrocatéchine-monocarbonique et un sucre qui montre les mêmes caractéristiques que celui mentionné plus haut.

En résumé, il résulte de ces premières études que la Petite Pervenche (*Vinca minor* L.) renferme *plusieurs tanoïdes* présentant des relations communes avec l'acide protocatéchique et un *glucoside*, non encore obtenu cristallisé, se présentant sous forme de substance amorphe, amère, astringente, inodore, légèrement jaunâtre, et qui, desséché dans le vide, est stable sous forme de paillettes. Il existe dans l'intrait de Pervenche à la dose de 1 pour 100, ce qui correspond à 1g,70 par kilogramme de plante fraîche; nous proposons de lui donner le nom de *vincoside*.

ZOOLOGIE. — *Sur l'évolution de la génération issue des formes néoténiques de* Polystomum integerrimum *Froelich*. Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré [1], en répétant les expériences et les observations de Zeller [2], comment il était possible d'obtenir des Polystomes dont le développement est considérablement accéléré. J'ai pu depuis étudier la descendance de ces formes, que j'ai appelées provisoirement néoténiques ou encore progénétiques, étant donné l'état incomplet du développement de certains tissus ou organes au moment où elles se reproduisent. Là aussi mes observations préciseront et confirmeront celles de Zeller.

Les nombreux œufs pondus par les Polystomes néoténiques dans les cristallisoirs où vivaient les têtards parasités, ont donné une deuxième génération de larves. J'ai procédé alors à deux séries d'infestations : la première, du 20 avril au 3 mai, sur 110 têtards de *Rana temporaria* très jeunes, la deuxième du 3 au 13 mai sur 50 têtards plus agés. Dans les deux cas les

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1852.

(2) E. Zeller, *Weitere Beiträge zur Kenntniss des* Polystomum integerrimum (*Zeits. für wiss. Zool.*, 27, 1876, p. 238-375).

têtards ont été infestés et les larves fixées sur eux ont présenté un développement ralenti. J'ai classé en quatre groupes, suivant l'âge des têtards, les résultats de mes dissections :

Premier groupe. — Têtards possédant des branchies internes, des pattes postérieures petites, une simple ébauche interne des pattes antérieures, vessie absente. Dissections du 12 au 25 mai.

Dix-sept têtards disséqués : tous sont parasités par de nombreuses larves de Polystomes. Celles-ci sont fixées dans la cavité branchiale et sur les branchies. Leur intestin est vide, la longueur est celle de la larve au sortir de l'œuf, soit 300^{μ}. Le disque adhésif présente les seize crochets caractéristiques, l'ébauche des deux grands crochets que l'on trouve chez l'adulte, sous forme de deux baguettes très fines légèrement arquées. Le nombre des larves fixées sur un têtard est variable, en général de 5 à 10, mais dans un cas j'en ai compté 35. Je n'ai pas observé de larves ailleurs que dans la cavité branchiale.

Deuxième groupe. — Têtards possédant des pattes postérieures développées, des pattes antérieures formées mais non complètement sorties de la cavité branchiale (souvent une seule patte antérieure est externe). La vessie commence à se développer. Cet état du têtard dure un jour ou deux seulement. Dissections du 25 mai au 5 juin.

Treize têtards disséqués, tous sont parasités. La plupart des larves sont fixées dans la cavité branchiale en nombre moyen de 5 à 10, le maximum observé étant 14. Dans un cas j'ai trouvé deux larves dans l'intestin, dans un autre cas, une larve dans la vessie. L'état des larves est sensiblement le même que celui décrit pour le premier groupe. Toutefois la taille a augmenté, la longueur est en moyenne de 500^{μ} ; quelques-unes, mais le cas est rare, ont acquis leur première paire de ventouses. Les mouvements sont lents, les larves isolées rampent en se fixant alternativement par le disque adhésif et la bouche formant ventouse.

Troisième groupe. — Têtards dont les quatre pattes sont sorties, la queue encore entière, ou commençant à peine à régresser. La vessie est bien développée, l'instestin est vide et déjà très raccourci, les branchies internes commencent à disparaître. Dissections du 25 mai au 5 juin. Cet état du têtard est également de courte durée. Depuis le moment où les pattes antérieures sont visibles dans la cavité branchiale (deuxième groupe) jusqu'au moment où le têtard s'est métamorphosé en petite grenouille, quelques jours suffisent.

Vingt têtards disséqués, tous sont parasités. Dans 7 cas j'ai trouvé des Polystomes sur les branchies, dans 2 cas, j'ai trouvé une ou trois larves dans l'intestin, dans les 20 cas il y avait des larves dans la vessie, le maximum observé dans un têtard était de 21 parasites. L'état des larves est celui décrit pour le deuxième groupe.

Quatrième groupe. — Jeunes grenouilles métamorphosées depuis 10 à 15 jours et nourries avec des Drosophiles. Plus de traces de branchies, vessie bien développée.

Cinq grenouilles disséquées renfermant de 8 à 10 Polystomes dans la vessie. Ceux-ci se sont nettement développés, la taille a augmenté, la longueur atteint 700^{μ}, tous ont deux paires de ventouses, la plupart ont déjà acquis leur troisième paire, les deux grands crochets sont bien formés, il reste encore, à la base du disque adhésif, les petits crochets de la larve, le tube digestif est pigmenté en brun et très nettement visible, les yeux sont toujours apparents.

L'examen comparatif de ces résultats montre que la migration des Polystomes des branchies à la vessie a lieu au cours des 4 ou 5 jours pendant lesquels dure la métamorphose. Cette migration coïncide avec l'apparition de la vessie, qui prend naissance dans le même temps et avec la disparition des branchies. Elle se fait par la voie digestive, commence en général lorsque les pattes antérieures deviennent externes, et s'opère très rapidement, puisque, dans 13 cas sur 20, où les 4 pattes sont apparentes, on ne trouve déjà plus de parasites dans la cavité branchiale.

Ces faits ne sont pas limités aux expériences de laboratoire. En disséquant des têtards recueillis en mai aux environs de Paris, à Chaville et à Crosnes, j'ai pu observer des Polystomes néoténiques fixés dans la cavité branchiale. Sur 25 têtards de Crosnes, 1 était ainsi parasité, sur 38 de Chaville, 6 possédaient des Polystomes néoténiques. La génération des Polystomes issue des formes néoténiques passe donc dans la vessie de l'hôte après avoir vécu dans sa cavité branchiale.

La possibilité, pour *P. integerrimum*, de présenter dans son cycle une forme néoténique, qui, issue d'un œuf, en pond plusieurs centaines, est importante pour la multiplication et la propagation de l'espèce. C'est là un processus, qui, par ses résultats numériques, est du même ordre que la multiplication asexuée aux dépens d'un sporocyste, telle qu'on l'observe chez les Trématodes Digénétiques.

HÉMATOLOGIE. — *Valeur morphologique des corpuscules du sang de* Magelona papillicornis *F. Müll.* Note de M. **A. Dehorne**.

Le sang vasculaire de ce Polychète présente une particularité; il est rouge, mais sa coloration ne provient pas de la présence d'une hémoglobine dissoute dans le plasma comme c'est la règle chez les Annélides. Ici le

plasma incolore est bourré de corpuscules rosés chargés d'hémérythrine, pigment très riche en fer, mais qui n'oxyde pas la benzidine (M. Prenant), ne donne pas de cristaux et ne présente pas de bandes d'absorption au microspectroscope (Benham).

Pour Romieu [*Recherches histophysiologiques sur le sang et sur le corps cardiaque des Annélides Polychètes* (*Arch. de Morph. gén. et exp.*, fasc. 17, 1923)] ces corpuscules intravasculaires sont des hématies anucléées minuscules semblables à celles des Mammifères, c'est-à-dire des hématies vraies; à cet égard, *Magelona* offre un exemple unique parmi les Invertébrés. Rien qu'au seul examen microscopique, il nous a toujours semblé que cette opinion ne pouvait être valable; mais pour trancher le problème nous nous sommes proposé d'établir l'origine des corpuscules.

Voici le résultat de nos observations : les corpuscules se forment comme des grains de sécrétion à l'intérieur de curieuses cellules endovasculaires qu'on trouve surtout dans les conduits veineux, en particulier dans les vaisseaux sinueux des organes latéraux de Mac Intosh. D'après Romieu, les seuls noyaux faisant partie des parois vasculaires seraient des noyaux tournés vers le cœlome ; or, nous voyons en de nombreux endroits, à la face interne de la membrane anhiste, des éléments étoilés renfermant un ou plusieurs noyaux et qui constituent des plaques, des cordons de nature syncytiale à distribution irrégulière ; c'est dans leur cytoplasme qu'apparaissent et mûrissent les corpuscules imprégnés d'hémérythrine du sang circulant. On distingue deux aspects principaux : dans l'un, le revêtement syncytial offre assez peu d'épaisseur avec des gros noyaux arrondis et un cytoplasme azurophile dense. Dans l'autre, il forme de place en place des masses importantes de cytoplasme hypertrophié tenant en suspension une grande quantité de grains à hémérythrine qui fixent vigoureusement la fuchsine ; on y voit aussi des noyaux allongés, faiblement chromatiques et probablement en dégénérescence, déjà figurés par Benham (1897) qui les signale comme étant nus parmi les corpuscules.

Les plus petits corpuscules ne mesurent guère plus de $0,6\mu$; à côté d'eux, dans le cytoplasme sécrétant, siègent tous les stades de croissance jusqu'à 3μ; à partir de 2μ environ, une petite vacuole à contenu chromophobe apparaît dans nombre d'entre eux; celle-ci, au fur et à mesure de la croissance du grain, devient de plus en plus excentrique. Alors le syncytium, fortement gonflé et chargé de grains, subit une fonte qui représente une sorte de destruction holocrine.

Les corpuscules entraînés dans le courant circulatoire continuent à

croître; dans le milieu de leur vacuole excentrique apparaît fréquemment une sphérule vue sur le frais par Mac Intosh (1878); la vacuole devient parfois si grande que certains globules se présentent comme des sphères réfringentes avec un croissant colorable d'épaisseur variable, aspect rappelant de près la transformation que subissent couramment les nucléoles. Les plus grands corpuscules atteignent jusqu'à 6 μ; ils peuvent renfermer plusieurs vacuoles et montrent la structure bulleuse connue dans maintes enclaves, par exemple dans les plasmopyrènes décrits par Champy (1911) dans l'intestin des Batraciens.

En résumé, les corpuscules du sang de *Magelona* sont des grains sécrétés par des éléments endovasculaires syncytiaux qu'on trouve dans certains conduits veineux. Le pigment sanguin, au lieu d'être à l'état de solution dans le plasma, se trouve porté par des grains qui ont la valeur des plastes chlorophylliens.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'équilibre entre les acides lactique et pyruvique.* Note (¹) de M. **René Wurmser** et Mlle **Nelicia Mayer**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans une Note récente (²), il a été montré que le potentiel normal du système

$$CH^3.CHOH.COO^- \rightleftharpoons CH^3.CO.COO^- + H^2 \qquad (1)$$

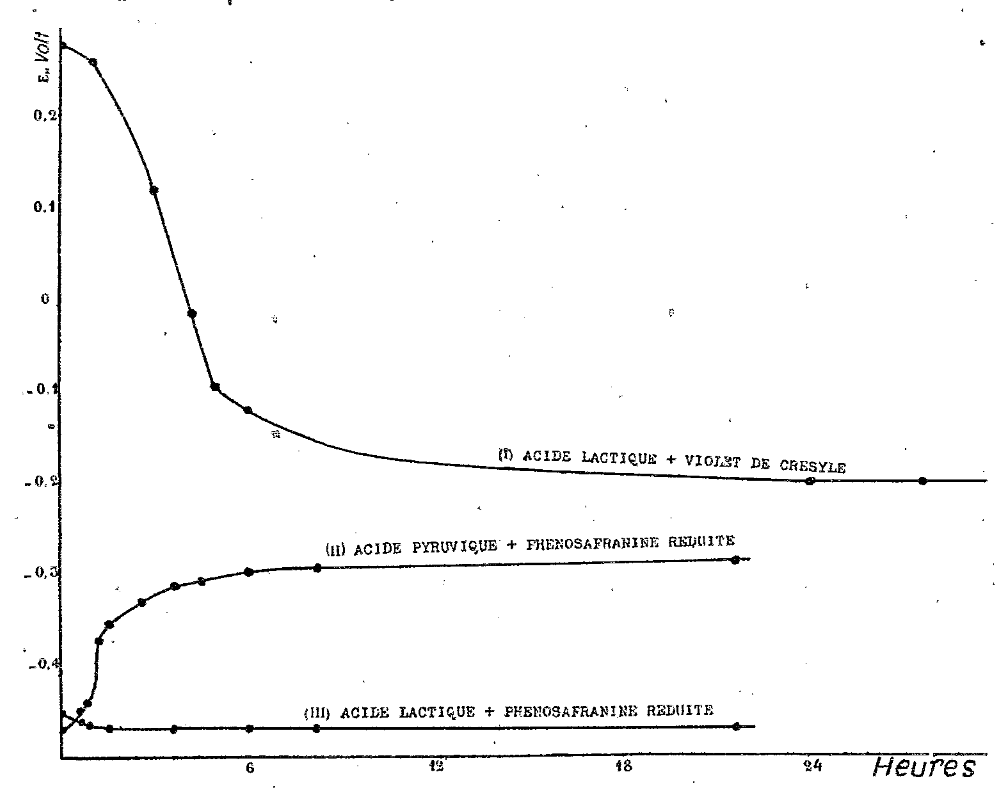
devait être situé, à pH 7,4, au voisinage de —0,200 volt par rapport à l'électrode normale d'hydrogène. Ce résultat était obtenu en faisant réagir, en présence d'une diastase, l'acide lactique sur une série d'indicateurs d'oxydo-réduction de potentiel normal de plus en plus négatif, et en supposant que la non-réduction des indicateurs les plus négatifs est due à la prédominance de la réaction inverse. Cette hypothèse était rendue légitime par le fait que les indicateurs employés avaient une constitution chimique trop voisine pour que l'on puisse admettre une sélectivité de la diastase vis-à-vis de ceux d'entre eux dont le potentiel normal est plus positif que —0,200 volt, à pH 7,4. Cependant il était désirable d'apporter une preuve directe de notre hypothèse. Il fallait montrer que tandis que l'acide lactique réduit le violet de crésyle, dont le potentiel normal à pH 7,4 est plus

(¹) Séance du 27 juin 1932.

(²) René Wurmser et Z. de Boe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2139.

positif que —0,200 volt, l'acide pyruvique oxyde un indicateur à l'état réduit dont le potentiel normal est plus négatif.

L'expérience a été réalisée de la manière suivante. On a utilisé comme indicateur la phénosafranine et comme catalyseur, ainsi que dans les recherches antérieures, la diastase de Stephenson (¹). 1$^{cm^3}$ de l'autolysat de *B. coli* qui constitue ce catalyseur est dilué avec 1$^{cm^3}$ d'un tampon de phos-



phate à pH 7,4 saturé de toluène. On ajoute 1$^{cm^3}$ de pyruvate de sodium M/20, et enfin 1$^{cm^3}$ d'une solution de phénosafranine M/1000 réduite avec un léger excès d'hydrosulfite de sodium. On peut facilement effectuer l'expérience dans un tube renversé sur une cuve de mercure. A 37°C. la phénosafranine se recolore en des temps variant de 15 minutes à 2 heures, suivant l'activité de la diastase et l'excès d'hydrosulfite, qui a pour but de se combiner avec l'oxygène dissous dans les solutions de pyruvate et de diastase. La recoloration se produit aussi, mais beaucoup plus lentement, en l'absence de dias-

(¹) M. Stephenson, *Biochem. Journ.*, 22, 1928, p. 605.

tase ou en présence de diastase bouillie. Enfin des tubes témoins, contenant au lieu de pyruvate une solution équivalente de lactate, restent toujours incolores.

Le graphique représente la marche de la réaction (1) dans le sens progressif en présence de violet de crésyle comme accepteur et dans le sens régressif en présence de phénosafranine réduite comme donateur d'hydrogène (courbes I et II). Les courbes représentent les potentiels E_H d'une électrode de platine plongée dans la solution. Les mesures ont été effectuées dans un tube de Thunberg modifié de manière à permettre les mesures électrométriques. La signification de telles courbes a déjà été discutée. Elles donnent le potentiel du système oxydo-réducteur contenu dans la solution et indiquent par conséquent la valeur du rapport de la forme réduite à la forme oxydée de l'indicateur, puisque les acides lactique et pyruvique sont par eux-mêmes inactifs sur l'électrode.

L'allure des courbes I et II établit nettement l'existence d'un équilibre entre l'acide lactique et l'acide pyruvique. La courbe III montre, comme il fallait s'y attendre, que l'acide lactique n'oxyde pas la phénosafranine réduite. Les courbes I et II ne finissent pas par se confondre parce que l'électrode, pour des raisons cinétiques, ne peut pas révéler des écarts excessifs par rapport au potentiel normal du système oxydo-réducteur, et que les potentiels normaux du violet de crésyle et de la phénosafranine sont trop écartés l'un de l'autre. Pour obtenir une valeur précise de l'énergie libre de la réaction (1), il faudra donc répéter les mesures avec un indicateur intermédiaire.

A 15h55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 30 mai 1932.)

Note de Mlle *Mary L. Cartwright*, Sur les directions de Borel des fonctions entières d'ordre fini :

Page 1890, Corollaire II, *au lieu de* $\Omega \geqq \min(\pi/\rho\,;\, 2\pi)$, *lire* $\Omega \geqq \min(\pi/\rho\,;\, 2\pi - \pi/\rho)$.

Page 1891, lignes 20-22, *au lieu de* 1° Pour..., *lire* 1° Pour chaque $\delta > 0$ et pour certains $\zeta > 0$,

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n(r,\, \beta - \delta,\, \gamma - \zeta)/r^{\rho_1(r)} = \eta(\delta) > 0.$$

(Séance du 13 juin 1932.)

Note de M. *Henri Deslandres*, Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule :

Page 2094, ligne 32, *au lieu de* $267,3 = d_1/3 + 1,7$, *lire* $= d_1/4 + 17$, et *au lieu de* $347,4 = d_1/4 - 6,8$, *lire* $= d_1/3 - 6,8$.

Note de Mlle *M. L. Cartwright*, Sur quelques propriétés des directions de Borel des fonctions entières d'ordre fini :

Page 2121, ligne 7 en remontant, *au lieu de* $|\arg z| \leqq \frac{1}{2}\pi/\rho$, *lire* $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi/\rho$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUILLET 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **René Baire**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Bassens, près de Chambéry, le 5 juillet.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Pieter Zeeman**, Correspondant de l'Académie, Secrétaire de l'Académie des Sciences d'Amsterdam, qui assiste à la séance.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* Bernhard Bang, *Correspondant pour la Section d'Économie rurale*, par M. **Emmanuel Leclainche**.

Bernhard Bang est né le 7 juin 1848 à Soro, dans l'île de Seeland. Docteur en médecine en 1872, il se consacre à l'anatomie pathologique, alors triomphante avec l'enseignement de Virchow. L'étude comparée des lésions chez l'homme et les animaux le décide à suivre l'enseignement de l'École Vétérinaire de Copenhague; il est diplômé vétérinaire en 1873 et attaché aux chaires d'anatomie et de chirurgie. Bang retourne ensuite à la médecine humaine, à la clinique hospitalière de Strasbourg et à Copenhague. Professeur à l'École Vétérinaire en 1879, il entreprend un long voyage d'étude à l'étranger.

La bactériologie naissante l'attire; il travaille avec Carl Salomonsen et il obtient, en 1885, la création d'un laboratoire. Deux ans après, il est

titulaire de la chaire d'anatomie pathologique et de pathologie générale à l'École Vétérinaire.

En dépit des apparences, l'œuvre de Bang est d'une parfaite unité. Par l'anatomie pathologique, il est conduit à la bactériologie, et par celle-ci à la prophylaxie et à l'hygiène. Dans chacune de ces disciplines, Bang laisse de remarquables travaux; mais ce sont ses études sur la tuberculose bovine et sur les avortements épizootiques qui ont illustré son nom.

La méthode de Bang, pour la prévention de la tuberculose par l'isolement des malades et la protection des nourrissons, est appliquée ou discutée dans le monde entier; par les résultats qu'elle a donnés en certains pays, par les enseignements qu'elle comporte, elle représente la plus vaste entreprise de prophylaxie systématique qui ait jamais été tentée.

Une autre découverte devait donner au nom de Bang une notoriété universelle. Avec son élève Stribolt, il découvre en 1897 l'agent des avortements épizootiques du bétail, qui causent des pertes énormes dans toutes les parties du monde. Or, on sait aujourd'hui que le microbe est pathogène pour l'homme et que, au même titre que celui de la mélitococcie, il détermine des infections souvent graves et parfois mortelles. La « maladie de Bang », comme on la désigne couramment, est en voie d'extension rapide et constitue une inquiétante menace.

La vénération dont Bang était l'objet en Danemark se manifesta lorsqu'à l'occasion de sa quatre-vingtième année, le Gouvernement décida de placer son portrait dans la galerie du château de Rosskilde, le Panthéon danois. Notre collègue n'était pas moins aimé et apprécié hors de son pays et sa mort sera partout déplorée.

L'Académie adresse à la famille de son éminent correspondant, et à son fils, M. le Professeur Oluf Bang, l'expression de sa profonde sympathie.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* RENÉ-LOUIS BAIRE, *Correspondant pour la Section de Géométrie*, par M. **HENRI LEBESGUE**.

M. René-Louis Baire, né à Paris le 21 janvier 1874, entra à l'École Normale supérieure en novembre 1892; il en sortit agrégé des sciences mathématiques en juillet 1895. Après un court passage par les lycées de Troyes, de Bar-le-Duc et de Nancy, devenu docteur ès sciences en 1899, il débuta dans l'enseignement supérieur comme maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier. La Faculté des Sciences de Dijon le choisit ensuite comme professeur d'Analyse mathématique. C'est

à Dijon que s'acheva sa carrière de chercheur et de professeur, brillante et courte. Malade dès son adolescence, il dut bientôt renoncer à toute activité; sa vie s'écoula dès lors sur les bords du lac de Genève, à Lausanne, puis à Thonon. Transporté à Bassens, près de Chambéry, il y mourut le 5 juillet 1932.

René Baire n'a guère pu consacrer à la recherche scientifique que quelques périodes de meilleure santé réparties sur une douzaine d'années. Il a cependant obtenu de tels succès dans ses travaux que notre Académie, dont il a été plusieurs fois le lauréat, l'a élu Correspondant pour la Section de Géométrie le 3 avril 1922.

Après l'École Normale, René Baire fut envoyé en Italie comme boursier d'études. Il y rencontra notre confrère M. Vito Volterra, qui discerna aussitôt l'originalité et la vigueur de son esprit. L'influence de M. Volterra, s'ajoutant à celle qu'avait exercée Jules Tannery, orienta définitivement les pensées de Baire vers la théorie des fonctions de variables réelles.

Pour son coup d'essai, il résolut un problème plus général que tous ceux qu'on avait osé aborder dans cette voie : la recherche d'une propriété caractéristique des fonctions limites de fonctions continues. Il faut que la fonction soit ponctuellement discontinue sur tout ensemble parfait.

Pour deviner cet énoncé, il fallait de véritables dons d'observateur au service d'une riche imagination et d'un solide sens critique. Pour le légitimer, il fallait être capable d'utiliser le transfini ; c'est-à-dire de modifier profondément un mode de raisonnement qui n'avait encore été employé qu'une fois et d'ailleurs dans un domaine tout différent.

Cette première recherche conduit Baire à poser, le premier, et à aborder une question capitale : l'intégration des équations aux dérivées partielles quand on n'assujettit la solution à aucune condition autre que celle de satisfaire à l'équation donnée.

D'autres études s'imposent plus directement à l'attention de René Baire : celle des fonctions de plusieurs variables et de classe 1, celle des fonctions de plusieurs variables continues séparément par rapport à chacune des variables dont elles dépendent, et surtout celle des fonctions qu'on peut former à partir des fonctions de classe 1 comme celles-ci se formaient à partir des fonctions continues. C'est-à-dire l'étude des fonctions, dites de classe 2, limites de fonctions de classe 1. Puis celle des fonctions de classe 3 ; et ainsi de suite. Baire obtient des résultats fondamentaux sur les fonctions des classes 1, 2 et 3; il trouve une propriété commune aux fonctions de toute classe.

Si l'on ajoute que Baire s'intéressa à l'*Analysis situs* ainsi qu'à tous les

principes généraux de l'analyse, sur lesquels il écrivit un beau livre, cela peut suffire pour faire comprendre la notoriété universelle dont Baire jouissait, mais ne saurait faire soupçonner le sentiment de deuil personnel qui étreindra ceux qui ont fait de la théorie des fonctions de variables réelles l'objet principal de leurs méditations, à la nouvelle de la mort de celui pour qui ils avaient de la vénération.

Si, avant Baire, bien des savants s'étaient intéressés aux variables réelles c'était incidemment et en vue des variables complexes dont on s'occupait à peu près exclusivement depuis le début du XIXe siècle. Baire, le premier, consacra toute son activité scientifique à la théorie des fonctions de variables réelles. Il fit plus, il nous apprit à y consacrer de façon féconde notre activité.

Tout d'abord, il nous fournit la matière à étudier. L'ensemble des fonctions de classe 1, 2, 3, ..., des fonctions de Baire comme on les appelle maintenant à l'exemple de M. de La Vallée Poussin, est le cadre, provisoire certes mais immense, de la nouvelle théorie.

Baire nous montre ensuite comment étudier cette matière; quels problèmes se poser, quelles notions introduire. Il nous enseigne à regarder le monde des fonctions, à y discerner les vraies analogies, les différences réelles. En refaisant les observations que Baire sut faire, on devient un observateur perspicace, on apprend à analyser les notions banales, à les décomposer en notions plus cachées, plus subtiles, mais aussi plus efficaces.

Peu à peu les enseignements de Baire porteront tous leurs fruits; appréciant plus exactement tout ce qu'on lui doit, on comprendra mieux que celui que nous venons de perdre était un mathématicien de la plus haute classe.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les neutrons du bore excité par l'émanation du radium.* Note (1) de MM. **Maurice de Broglie** et **Louis Leprince-Ringuet.**

On sait (2) que le bore partage avec le glucinium et quelques autres éléments légers la propriété d'émettre sous le bombardement de particules α un rayonnement nouveau que l'on attribue à des neutrons; nous avons

(1) Séance du 4 juillet 1932.
(2) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 273; J. Chadwick, *Proc. roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 692.

examiné les effets de ces neutrons du bore excité par son mélange avec de l'émanation du radium et nous avons pu constater une différence remarquable avec le cas du glucinium. Tandis que les rayons de ce dernier sont absorbés au moins autant par le plomb que par les autres corps (à épaisseur égale), les neutrons du bore passent beaucoup plus facilement à travers le plomb qu'à travers la paraffine, l'effet de 5^{cm} du métal lourd étant à peine sensible. Le cuivre et l'aluminium se placent à proximité de la paraffine, la moitié du rayonnement étant arrêtée par l'interposition d'une épaisseur de ces différents corps de l'ordre de 5^{cm}; ceci indique une loi d'absorption différente de celle qui assignerait à chaque noyau le même pouvoir d'arrêt.

Ces résultats sont relatifs aux noyaux de recul à forte ionisation engendrés dans une petite chambre formant condensateur et après interposition nécessaire de 3^{cm} de plomb pour diminuer les effets des rayons gamma de l'émanation. Dans nos observations, sont détectés seulement les corpuscules libérant individuellement plus de 300 paires d'ions.

Cette transparence du plomb peut suggérer l'idée d'une réémission de neutrons par ce métal, pour compenser l'absorption primitive. Des expériences effectuées pour voir si une telle réémission se ferait sous l'action d'un rayonnement pénétrant du bore du type gamma ont donné des résultats négatifs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence du silicium sur les alliages cuivre-nickel à basses teneurs en étain.* Note de MM. **Léon Guillet**, **Marcel Ballay** et **A. Le Thomas**.

Dans une Note précédente, nous avons montré l'effet du remplacement d'une partie de l'étain par du silicium dans les cupro-nickels spéciaux utilisés pour les obturateurs de vapeur [1].

Nous avons cherché à généraliser les résultats de cette étude; l'abaissement de la concentration limite en étain de la solution solide α, par addition de silicium; se retrouve dans toute la série des cupro-nickels y compris aux limites les bronzes ordinaires et les alliages Ni-Sn.

La présente Note a pour but de montrer par quelques exemples la généralité du phénomène et sa répercussion sur les propriétés des alliages étudiés, particulièrement sur la dureté à chaud.

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2102.

Bronzes ordinaires. — Le tableau suivant concerne une série de bronzes de même teneur en étain et contenant des proportions croissantes de silicium.

	Cu.	Sn.	Si.	Dureté Brinell. Brut de coulée.	Recuit à 850° 3 heures.	Aspect microscopique. Brut de coulée.	Recuit.
A......	93,50	6,50	-	82	78	α + traces de δ	α
A_1......	92,60	6,42	0,96	111	92	α + un peu de δ	α
A_2......	91,54	6,36	2,10	133	114	$\alpha+\delta$	$\alpha+\delta$
B......	90,75	6,30	2,95	142	137	$\alpha+\delta$	$\alpha+\delta$

Dans le domaine de la solution α, le silicium durcit la solution solide. Pour des pourcentages plus importants, il fait apparaître le constituant δ; l'échantillon B a sensiblement le même aspect microscopique qu'un bronze : Cu = 85, Sn = 15.

On peut appliquer à ces alliages la théorie du titre fictif; pour cette série de bronzes au silicium, le coefficient d'équivalence du silicium par rapport à l'étain est voisin de 3. L'équivalence du silicium et de l'étain se retrouve lorsqu'on mesure certaines propriétés mécaniques, par exemple l'angle de torsion amenant la rupture d'une éprouvette de forme donnée, méthode de contrôle employée dans certains ateliers de fonderie. C'est ainsi que l'alliage Cu = 89,80, Sn = 7,83, Si = 1,70 se rompt après une torsion de 150 grades [1], valeur que l'on obtient également avec l'alliage Cu = 86, Sn = 14.

Cupro-nickels. — Notre précédente Note concernait les cupro-nickels à haute teneur en nickel. Le déplacement par le silicium de la limite de la solution α se retrouve avec les cupro-nickels à basse teneur en nickel, mais le phénomène est compliqué par l'apparition d'un troisième constituant analogue au composé déjà signalé dans les cupro-nickels au silicium par Corson qui l'identifie à Ni^2Si.

On sait que [2] dans les cupro-nickels, la solubilité à l'état solide du constituant riche en silicium est très faible pour des teneurs en nickel comprises entre 2 et 25 pour 100. Dans ce domaine, la teneur en silicium ne

(1) L'éprouvette employée est décrite dans : A. Le Thomas, *Sur un mode simplifié de fabrication des laitons spéciaux* (*Revue de Métallurgie Mémoires*, 28, 1931, p. 518).

(2) Jones Pfeil et Griffiths, *Nickel Copper Alloys of High Elastic Limit* (*Journal of The Institute of Metals*, 46, II, 1931, p. 423-442).

peut donc atteindre 1 pour 100 sans qu'apparaisse le composé de nickel et de silicium. Avec 5,5 pour 100 d'étain, le constituant δ est très abondant dans les alliages à 3 pour 100 de nickel lorsque la teneur en silicium dépasse 2,5 pour 100, mais il est accompagné du composé Ni^2Si. Dans les cupro-nickels à plus de 50 pour 100 de Ni, au contraire, la teneur en silicium peut dépasser 3 pour 100 sans qu'apparaisse de constituant autre que le composé que nous avons appelé D.

Alliages nickel-étain. — Les alliages Ni-Sn sont constitués d'une solution solide près du nickel pur; pour des teneurs plus élevées en étain, il apparaît un constituant spécial voisin de Ni^4Sn ayant les mêmes caractéristiques structurales que le constituant D des cupro-nickels à l'étain. La limite de solubilité de ce constituant est déplacée vers les basses teneurs en étain par l'addition de silicium, de même que pour les bronzes ordinaires et les cupro-nickels.

Nous avons déterminé les duretés d'alliages des trois catégories ci-dessus aux températures de 350 et 450° à l'aide d'une bille de 5^{mm} de diamètre en carbure de tungstène, la pression de 1000^{kg} étant maintenue une heure. L'échantillon, la bille et le porte-bille étaient chauffés dans un four électrique à résistance, et la température mesurée à l'aide d'un couple thermoélectrique introduit dans l'échantillon. Pour comparaison, la dureté a été prise dans les mêmes conditions à 20°.

	Dureté Brinell à			
	20°.	350°.	450°.	600°.
A. Bronze : Cu = 84; Sn = 16.	134	52	13,5 [1]	
B. Bronze : Cu = 90,75; Sn = 6,30; Si = 2,95.	150	96	42	–
C. Bronze au nickel et au silicium : Cu = 86,65; Sn = 6,77; Si = 2,73; Ni = 2,82.	198	–	49	–
D. Cupro-nickel à l'étain et au silicium : Ni = 61,05; Cu = 29,42; Sn = 3,95; Si = 3,05; Fe = 1,65.	282	–	262	240
E. Nickel pur coulé.	86	–	67	–
F. Alliage nickel-étain : Sn = 8,49; Si = 0,03; Fe = 0,78.	152	–	154	–
G. Alliage nickel-étain-silicium : Sn = 7,87; Si = 2,98.	161	–	137	–

La comparaison des valeurs données pour les échantillons A et B ayant sensiblement le même aspect microscopique, montre l'influence de la substitution du silicium à l'étain sur la dureté à chaud. Il est plus difficile d'inter-

(1) Cet essai a été fait avec une bille en acier de 10^{mm} de diamètre, la dureté étant trop faible pour les conditions d'essais adoptées pour les autres alliages.

préter les résultats donnés par l'alliage C, sujet à des modifications structurales (précipitation du composé Ni^2Si et coalescence) aux températures d'essai. L'alliage D conserve remarquablement bien sa dureté à chaud. Les essais sur les alliages E, F, et G mettent en évidence la bonne tenue à chaud des alliages à haute teneur en nickel qui résistent aussi très bien à l'oxydation.

FONCTIONS HARMONIQUES. — *Propriétés des fonctions harmoniques de deux variables dans une aire ouverte limitée par des lignes particulières*. Note de M. **C. de La Vallée Poussin**.

1. Considérons d'abord une aire plane A, d'un ordre quelconque de connexion, limitée par un contour C (simple ou multiple) formé de lignes à courbure bornée. A quelques variantes près dans les démonstrations, les résultats, énoncés dans ma Note précédente [1] pour les fonctions de trois variables, sont également vrais dans le plan.

Une fonction harmonique U(P), bornée dans l'aire ouverte A, tend *presque partout* vers une limite U(Q) quand le point intérieur P converge vers un point Q du contour et elle s'exprime par l'intégrale de Lebesgue

$$U(P) = \int_C \rho(Q, P)\, U(Q)\, ds, \tag{1}$$

dans laquelle le point Q parcourt la frontière C.

Si la fonction harmonique U(P) est positive et non bornée, elle sera définie par l'intégrale de Stieltjes,

$$U(P) = \int_C \rho\, dF, \tag{2}$$

où F est une fonction positive et additive d'ensemble linéaire sur C (la *primitive* de U sur la frontière). Cette représentation est d'ailleurs applicable aussi dans le cas précédent.

2. La formule (2) nous fait connaître l'expression la plus générale d'une fonction harmonique positive dans une aire à contours réguliers. Mais cette connaissance s'étend aux aires bornées par des lignes de Jordan, puisque ce cas se ramène au précédent par une représentation conforme. Toutefois, on

[1] Séance du 4 juillet 1932.

est ainsi amené à faire intervenir dans la représentation de la fonction harmonique des éléments qui ne sont définis que dans l'image de l'aire A. Or il y a des cas très généraux où cet inconvénient peut être évité. Il faudra pour cela recourir à un nouveau mode de représentation qui se fonde sur le principe suivant :

3. Soit A une aire limitée par un contour C à courbure bornée et soient P_0 et P deux points intérieurs. Balayons l'aire A après avoir placé l'unité de masse alternativement en P_0 et en P; nous obtiendrons, sur la frontière deux répartitions différentes de la masse, dont les densités en un point Q de cette frontière seront respectivement

$$\rho_0 = \rho(Q, P_0), \qquad \rho = \rho(Q, P).$$

Ces deux densités sont des fonctions continues du point Q qui ne s'annulent pas sur le contour et il en est alors de même pour leur quotient $\rho : \rho_0$. Voici le principe en question :

Le quotient $\rho : \rho_0$ est invariant dans toute transformation conforme de l'aire A *respectant l'existence de la densité ρ.*

En effet, les balayages correspondants de l'aire A et de son image conforme portent les mêmes masses sur les arcs correspondants des contours (ainsi que je l'ai montré dans mon Mémoire des *Annales de l'Institut H. Poincaré*, cité dans ma Note précédente). Le principe énoncé s'en déduit par un passage à la limite.

4. La formule (2) suppose le contour C à courbure bornée. On peut en déduire une autre formule plus générale. Choisissons un point fixe P_0 dans l'aire A et définissons une fonction d'ensemble Φ par l'intégrale de Stieltjes :

$$\Phi = \int_C \rho_0 \, dF,$$

la formule (2) revient à

$$(3) \qquad U(P) = \int_C \frac{\rho}{\rho_0} \, d\Phi.$$

Mais la formule (3) subsiste si le contour C présente un certain nombre de points exceptionnels autour desquels la courbure cesse d'être bornée. Cela, en vertu du principe précédent; puisque la formule s'applique à l'image régulière que l'on peut faire de l'aire A. Il peut arriver que le quotient $\rho : \rho_0$ prenne la forme indéterminée en un point irrégulier, mais sa vraie valeur existera. Par exemple, en un point anguleux, le quotient $\rho : \rho_0$ prend la forme $0 : 0$ ou $\infty : \infty$ suivant que l'angle est saillant ou rentrant

relativement à A et c'est sa vraie valeur que l'on doit placer dans la formule (3).

Plus généralement, la formule (3) subsiste, pour la même raison, si les points irréguliers du contour se répartissent sur un ensemble parfait non dense. Il faut entendre par là que tout arc du contour C contient un segment à courbure bornée.

Réciproquement, à toute fonction d'ensemble Φ, positive et additive, donnée sur C, correspond, par la formule (3), une fonction U harmonique dans A, pourvu que le contour C satisfasse aux conditions précédentes.

5. La formule (3) fournit en particulier l'expression générale d'une fonction harmonique qui s'annule sur tout le contour C sauf en un point anguleux Q_k. Soit α_k le saut de Φ en ce point, on aura

$$U(P) = \alpha_k \frac{\rho(Q_k, P)}{\rho(Q_k, P_0)}.$$

Cette expression constitue un *élément simple* nouveau dans la représentation des fonctions harmoniques. Le quotient $\rho : \rho_0$ reçoit sa vraie valeur dans la formule.

ENTOMOLOGIE. — *Observations expérimentales sur le Criquet pèlerin* (Schistocerca gregaria *Forsk*). Note de M. **P. Vayssière**, présentée par M. Marchal.

I. Le 8 février 1932, nous recevions d'un de nos meilleurs correspondants (Lieutenant Olloix) un envoi de *Schistocerca gregaria* vivants, récoltés à proximité d'Immouzer (Ida ou Tanan) dans le Grand Atlas, à 1800 mètres d'altitude. Ces insectes faisaient partie d'un essaim qui se dirigeait vers les régions septentrionales ; nettement immatures, ils présentaient une coloration rouge. Mises en élevage d'abord dans les conditions ordinaires du laboratoire (température moyenne de 18 à 20° C. et atmosphère sèche), les Sauterelles passèrent en 48 heures à une coloration générale du corps très voisine de celle, bien connue chez l'espèce considérée, de terre de Sienne ; mais elles restaient groupées, se déplaçaient très peu et se nourrissaient peu abondamment.

Quinze jours s'étant écoulés sans changement, je portais le 24 février à l'étuve maintenue à une température de 35 à 38° C. et à un degré hygrométrique voisin de 50 (21^{gr},50 de vapeur d'eau par mètre cube d'air),

6 femelles et 2 mâles; la même opération était effectuée le 12 mars pour 2 femelles et 3 mâles, et enfin le 3 avril pour la dernière femelle dont la coloration n'avait pas varié (¹). Les observations qui furent faites à la suite de chaque transfert furent concordantes et se résument ainsi :

1° Changement très rapide (24 heures) de la coloration générale du corps qui passa pour les femelles au jaune paille et pour les mâles au jaune citron pâle, qui mit toutefois plus longtemps à s'affirmer, avec la face ventrale légèrement verdâtre;

2° Apparition, sur les yeux, de rayures à la place de la couleur brune uniforme. Ce caractère et le précédent, ainsi que l'accentuation de la ligne médiane du pronotum indiquent des modifications légères vers la phase *flaviventris* (*dissocians*);

3° Vie plus active et alimentation plus considérable;

4° Allongement progressif de l'abdomen dans les deux sexes, en rapport avec le développement des organes génitaux.

Le premier accouplement fut observé le 29 février et les premiers dépôts d'œufs dans la terre deux jours après. Ces deux actes se répétèrent un très grand nombre de fois et le dernier accouplement des deux seuls survivants actuels fut constaté le 27 juin, soit plus de trois mois après avoir acquis la maturité sexuelle.

Les récipients ayant reçu les grappes ovigères furent mis en observation hors de l'étuve et les premières éclosions se produisirent le 14 avril (²). Une centaine de larves purent, dans les conditions ordinaires du laboratoire, effectuer leurs cinq mues successives et les premiers insectes qui acquirent leurs ailes se transformèrent le 1er juin. Ils étaient, presque tous, d'une coloration générale rouge violacé, les pattes postérieures nettement roses. Ce sont pour la plupart des *dissocians* plus près de *gregaria*. Aucun changement sensible dans ces teintes ne se produisit depuis lors pour les individus laissés dans les conditions du laboratoire, malgré de nombreuses heures de forte insolation et une température souvent voisine de 35°C.

Le 4 juin, quatre couples, éclos le jour même, sont mis à l'étuve à une

---

(¹) Un fort éclairement avec une ampoule bleue de 100 bougies était maintenu dans l'étuve, 12 heures sur 24 heures.

(²) Pour effectuer leur ponte, il avait été mis à la disposition des femelles de première génération en étuve des pots perméables et des cristallisoirs contenant de la terre meuble ou du sable. Des milliers d'œufs furent déposés indistinctement dans tous les récipients. Tandis que les éclosions étaient normales partout ailleurs, aucune larve ne sortit des nombreuses grappes ovigères renfermées dans le sable des cristallisoirs. D'après l'aspect des pontes décomposées, noircies, cet échec ne peut s'expliquer que par l'imperméabilité à l'air et à l'eau de la paroi de verre.

température comprise entre 35° C. et 40° C. et à un degré hygrométrique, d'abord de 60 (21g,80 de vapeur d'eau par mètre cube d'air) pendant 8 jours, puis maintenu entre 90 et 100 (saturation complète).

Immédiatement la coloration s'est modifiée et nous avons assisté aux mêmes phénomènes que pour la génération précédente ; toutefois, le premier accouplement fut observé seulement le 8 juillet et d'autres se produisent depuis lors.

Ainsi donc, des adultes de deux générations successives de *S. gregaria* en captivité, c'est-à-dire complètement privés de la possibilité d'effectuer une migration, ont pu acquérir la maturité sexuelle grâce à un séjour prolongé dans une atmosphère chaude et humide qui semble activer la combustion des graisses du corps.

Ce résultat est identique à celui que Pospelov (1926) a obtenu dans des conditions semblables avec *Locusta migratoria* L. Mais, en ce qui concerne *S. gregaria*, il montre en outre qu'il faut être très circonspect dans l'appréciation des conditions que doivent remplir certaines areas pour être des régions permanentes. Contrairement à l'opinion classique qui fait considérer cette espèce comme essentiellement adaptée aux régions désertiques (Désert Locust), *S. gregaria*, tout comme *Locusta migratoria migratorioides*, évolue parfaitement bien dans un milieu ayant les caractéristiques de chaleur et d'humidité des régions équatoriales.

II. Des isolements de larves furent effectués aux divers stades larvaires; ils donnèrent lieu à diverses observations qui seront exposées ultérieurement; toutefois notons les faits suivants : sans qu'il puisse en être donnée une explication satisfaisante (instinct grégaire), les larves, nées d'œufs déposés par des femelles grégaires, si elles sont isolées, bien que soumises à toutes autres conditions identiques à celles des larves grégaires : *a*, ont une évolution et une activité ralenties; *b*, subissent une très grande mortalité; *c*, enfin, elles tendent pour la plupart à prendre dès les premiers jours après leur isolement, une coloration vert jaunâtre, caractéristique de la phase solitaire et peuvent, si elles atteignent la cinquième mue donner un ailé entièrement vert, correspondant avec netteté à *S. gregaria*, ph. *flaviventris*.

M. **J. Costantin** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Pathologie végétale. — Précocité, productivité et résistance à la dégénérescence.*

M. **J. Costantin**, en son nom et en celui de ses collaborateurs P. Lebard et J. Magrou, fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Altitude et précocité du développement des germes chez la Pomme de terre.*

NOMINATIONS.

M. **L. Joubin** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *cinquantième anniversaire* de la fondation du *Laboratoire Arago* par Lacaze Duthiers, le 4 octobre 1932, à Banyuls.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 28 suffrages, M. **A. d'Arsonval** est réélu membre de la *Commission permanente des stations hydrominérales et climatiques.*

PLIS CACHETÉS.

M. **José Miralles** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 11 avril 1932 et inscrit sous le nº 10574.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Description d'un moteur à flotteur fonctionnant par la différence de densité des fluides.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gouvernement général de l'Indochine. Direction générale de l'Instruction publique. P. Carton. *Notes de Climatologie comparée. Formules climatiques et climogrammes susceptibles d'être utilisées en écologie.* (Présenté par M. P. Viala.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines opérations aux dérivées partielles du type parabolique.* Note [1] de M. **Georges Giraud**.

Considérons l'opération aux dérivées partielles du second ordre

$$(1)\qquad \mathcal{F}u = \sum_{\alpha=1}^{m-1}\sum_{\beta=1}^{m-1} a_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\,\partial x_\beta} + \sum_{\alpha=1}^{m} b_\alpha\frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu \qquad (m \geqq 2;\ a_{\alpha,\beta} = a_{\beta,\alpha}),$$

où les coefficients sont fonctions d'un point X. On suppose que la forme quadratique $\Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta}(X) p_\alpha p_\beta$ se décompose, quel que soit X, en $m - 1$ carrés positifs de formes linéaires indépendantes,

$$\Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} p_\alpha p_\beta = \Sigma_n (\Sigma_\alpha k_{n,\alpha} p_\alpha)^2;$$

le discriminant de cette forme sera désigné par Δ^*, et le quotient par Δ^* du mineur correspondant à $a_{\alpha,\beta}$ sera $A^*_{\alpha,\beta}$. On suppose aussi que b_m ne s'annule nulle part. On suppose que les coefficients $a_{\alpha,\beta}$ et b_m remplissent, dans une région donnée, une condition de Hölder d'exposant h, et que les autres coefficients b_α $(\alpha < m)$ et c sont continus.

Si l'on considère la *solution élémentaire principale* [2] relative à l'équation du type elliptique

$$\sum_{\alpha=1}^{m-1} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha^2} + s^2\frac{\partial^2 u}{\partial x_m^2} - \frac{\partial u}{\partial x_m} - \frac{u}{4} = 0,$$

---

(1) Séance du 4 juillet 1932.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 353 à 355; 191, 1930, p. 1110 à 1112.

et qu'on fasse tendre s vers zéro, la limite est

$$[4\pi(x_m-\xi_m)]^{(1-m)/2}\exp\left[-\frac{L^2(X,\Xi)}{4(x_m-\xi_m)}\right] \qquad \text{si } x_m>\xi_m,$$

et *zéro* si $x_m \leqq \xi_m$, à moins toutefois que X ne soit en Ξ (L = distance des deux points). Cela rend naturel d'employer ici en supposant $b_m < 0$, la fonction $H(X, \Xi)$, nulle pour $x_m \leqq \xi_m$, à moins que X ne soit en Ξ, et qui, pour $x_m > \xi_m$, a l'expression suivante :

$$H(X,\Xi)=\frac{[-b_m(\Xi)]^{(m-3)/2}}{\sqrt{\Delta^*(\Xi)}\,[4\pi(x_m-\xi_m)]^{(m-1)/2}}\exp\frac{b_m(\Xi)\,\Sigma_{\alpha,\beta}A^*_{\alpha,\beta}(\Xi)(x_\alpha-\xi_\alpha)(x_\beta-\xi_\beta)}{4(x_m-\xi_m)}.$$

Soient X'_n et X''_n ($n=1, 2, \ldots, m=1$) les points qui ont pour coordonnées respectives $x_\alpha+k_{n,\alpha}t$ et $x_\alpha-k_{n,\alpha}t$ ($\alpha=1, 2, \ldots, m$), où t est un paramètre; soit encore X''' le point déduit de X en remplaçant x_m par $x_m+b_m t^2$. On dira que $u(X)$ est, dans un domaine $\mathcal{D}$, une solution régulière de $\mathcal{F}u=f$ (f continu en tout point intérieur à $\mathcal{D}$) au sens généralisé si, en tout point intérieur à $\mathcal{D}$, u et les $\partial u/\partial x_\alpha$ ($\alpha<m$) existent et sont continus, et si, en outre,

$$\lim_{t\to 0} t^{-2}\left\{\sum_n [u(X'_n)+u(X''_n)-2u(X)]+u(X''')-u(X)\right\}+\sum_{\alpha=1}^{m-1} b_\alpha\frac{\partial u}{\partial x_\alpha}+cu=f.$$

On démontre que, si ρ est continu, la fonction

$$u(X)=-\int_{\mathcal{D}}^{(m)} H(X,A)\,\rho(A)\,dV_A$$

est solution régulière de

$$\mathcal{F}u(X)=\rho(X)-\int_{\mathcal{D}}^{(m)} K(X,A)\,\rho(A)\,dV_A \qquad (K=\mathcal{F}H);$$

d'ailleurs on a, quand X tend vers A,

$$K(X,A)=O[\,|x_m-a_m|^{\lambda-1}\,L^{h+1-2\lambda-m}(X,A)],$$

λ étant un nombre donné; il suffit dès lors de prendre $0<\lambda<h$ pour pouvoir appliquer la théorie de Fredholm aux équations dont le noyau est $K(X, A)$ [1]. Supposons que la frontière du domaine borné $\mathcal{D}$ soit composée de la façon suivante : une partie $\mathcal{S}$ est recouverte par un nombre fini de régions telles que, dans chacune d'elles, les x_α ($\alpha<m$) soient des fonctions

(1) Voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1143.

de x_m et de $m-2$ paramètres, et l'on suppose que les dérivées de ces fonctions existent et remplissent une condition de Hölder, et que les déterminants fonctionnels ne s'annulent nulle part simultanément; les autres parties $\mathcal{S}_1$ et $\mathcal{S}_2$ de la frontière sont des portions de multiplicités $x_m=$ const., et, pour entrer dans $\mathcal{O}$, on doit traverser $\mathcal{S}_1$ dans le sens des x_m croissants ou $\mathcal{S}_2$ dans le sens des x_m décroissants. Alors on peut se donner sur $\mathcal{S}_1$ les valeurs continues d'une solution inconnue de $\mathcal{F}u=f$; sur $\mathcal{S}$ on se donnera de même les valeurs continues de

$$\Theta u = \Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha,\beta}\, \varpi_\beta \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + \psi u,$$

où ψ est une fonction continue donnée et où les ϖ_β sont les cosinus directeurs de la normale extérieure (on peut aussi définir Θu sans supposer que les $\partial u/\partial x_\alpha$ existent sur $\mathcal{S}$); si les dérivées des valeurs données sur $\mathcal{S}_1$ existent et remplissent une condition de Hölder au voisinage de la frontière de $\mathcal{S}$, ce problème a une solution et une seule, et l'on peut la trouver à l'aide d'équations intégrales formées au moyen de la fonction H. Si l'on remplace la donnée de Θu sur $\mathcal{S}$ par celle de u, et si les dérivées des $a_{\alpha,\beta}$ et de b_m existent et remplissent une condition de Hölder, la fonction H permet encore de trouver la solution, qui existe et est unique. Si les coefficients remplissent seulement les conditions énoncées au début, il y a encore une et une seule solution de $\mathcal{F}u=f$ qui s'annule sur $\mathcal{S}+\mathcal{S}_1$; on la trouve par l'intermédiaire de la *fonction de Green*, laquelle s'obtient à partir de la *solution élémentaire principale* tout à fait comme dans le cas elliptique. Cette solution élémentaire principale est, par définition, une solution de $\mathcal{F}u=0$, se réduisant à *zéro* pour $x_m<a_m$, sauf si X est en A, admettant la limitation $O[e^{-aL(X,A)}]$ $(a>0)$ quand L(X, A) augmente indéfiniment de façon que x_m-a_m reste borné, et qui, si X tend vers A, ne diffère d'une fonction H(X, A; p) définie, comme dans le cas elliptique [1], que par une fonction continue ainsi que ses dérivées relatives à $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}$, pourvu que p soit assez grand; elle existe toujours et est unique si tous les coefficients de (1) sont bornés dans l'espace entier et si en outre les bornes inférieures de Δ^* et de $|b_m|$ sont positives.

---

[1] *Annales de l'Éc. Norm. sup.*, 49, 1932, p. 1 à 104, spécialement p. 22.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la stabilité du mouvement quasi périodique.* Note de M. A. Witt, présentée par M. Hadamard.

Les solutions quasi périodiques de Bohl de l'équation

(1) $$x'' + f(x, x', t) = 0,$$

f étant une fonction holomorphe en x et x' dans le domaine des solutions considérées continues et périodiques en t, jouent un rôle essentiel dans la théorie des auto-oscillations. La stabilité des quantités x et x' sera entendue au sens de Liapounov. Soit

(2) $$z'' + \frac{df}{d\varphi'} z' + \frac{df}{d\varphi} z = 0,$$

($x = \varphi$ étant le mouvement considéré), l'équation aux variations. Un théorème fondamental de Liapounov appliqué à l'équation (1) dit que si le nombre caractéristique λ d'une des solutions normales de l'équation (2) satisfait à l'inégalité

(3) $$\lambda > \mu - S$$

[S étant la somme des nombres caractéristiques des deux solutions normales et μ le nombre caractéristique de la fonction $\int_e (df/d\varphi') dt$], le mouvement possède une certaine stabilité conditionnelle (si $\lambda < -\mu - S$, le mouvement est instable).

Considérons l'intersection de la courbe Γ représentant un mouvement M dans l'espace $xx't$ avec le plan $t = t_0$. D'après Liapounov, le plan $t = t_0$ contient une courbe analytique (courbe de Liapounov), passant par le point où il est coupé par Γ et telle que les mouvements, partant au moment $t = t_0$, de n'importe lequel de ses points se rapprochent asymptotiquement du mouvement M. Supposons que, dans le mouvement M, x et x' sont quasi-périodique au sens de Bohl (mais non périodiques)

$$x = \varphi\left(\frac{t}{T}, \frac{t}{T'}\right)$$

(T étant la période de l'équation, T' une période « propre »). Dans ce cas, une autre solution est

(4) $$x = \varphi\left(\frac{t}{T}, \frac{t}{T'} + C\right),$$

C′ étant une phase arbitraire (¹). Supposons les dérivées $d\varphi/dc$ et $d^2\varphi/dc\,dt$ bornées. La famille de courbes (4) forme un tube à sections fermées; $d\varphi/dc$ et $d^2\varphi/dt\,dc$ étant bornées, nos mouvements seront stables par rapport à des perturbations se produisant le long de la section $\mathcal{J}$ du tube par le plan $t=t_0$. $d\varphi/dc$ est une solution de (2). Si l'inégalité (3) est satisfaite, par chaque point de Y passe une courbe de Liapounov, qui ne peut être tangente à la section du tube, car $d\varphi/dc$ et $d^2\varphi/dt\,dc$ seraient alors simultanément nulles, ce qui est impossible, $d\varphi/dc$ satisfaisant à l'équation (2). On peut donc entourer la section du tube d'un anneau entièrement rempli de courbes de Liapounov. Donc si

$$2\lambda > -\mu = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T}^{+T} \frac{df}{d\varphi}\,dt,$$

où λ est le seul nombre caractéristique différent de zéro et $d\varphi/dc$ et $d\varphi/dc\,dt$ sont bornées, le mouvement est stable. Si l'équation aux variations est régulière au sens de Liapounov ($S-\mu=0$) les conditions de stabilité seront :

$$(5) \qquad \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T}^{+T} \frac{\partial f}{\partial\varphi}\,dt > 0, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial c}, \qquad \frac{\partial^2\varphi}{\partial t\,\partial c} < M.$$

La seconde solution normale de (2) est, dans le cas stable, de la forme

$$\frac{\partial\varphi}{\partial c}\int_t^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial c}\right)^2} e^{-\int_0^t \frac{\partial f}{\partial\varphi}dt}\,dt.$$

Quand $d\varphi/dc=0$, la quadrature diverge; c'est pourquoi elle doit être interprétée dans le sens de son prolongement analytique. La fonction $d\varphi/dc$ n'admettant ni zéros multiples, ni points limites pour ses zéros, et $|\partial\varphi/\partial c|$ ayant une limite supérieure aux points, où $\partial^2\varphi/\partial t\,\partial c=0$, l'équation aux variations est régulière et les conditions (5) déterminent effectivement la stabilité. Elle peut s'énoncer aussi : le terme courant du développement généralisé en série de Fourier de $dt/d\varphi$ doit être positif.

Remarquons enfin que les mêmes raisonnements seraient applicables dans le cas où T serait commensurable à T′ pourvu qu'il existe une famille de solutions du type (S).

(¹) Voir A. Andronow et A. Witt, *Sur les mouvements quasi périodiques* (*Journ. of applied phys.*, 6, 1930, p. 1, Moscou).

Quant au calcul des solutions quasi périodiques elles-mêmes, nous renvoyons, pour le cas des « petits paramètres » important dans la théorie des auto-oscillations, aux Notes de Kryloff et Boguluboff (¹).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la stabilité d'une tige à axe courbe* (²). Note (³) de M. **A. Lokchine**, présentée par M. Mesnager.

Prenons les équations d'équilibre d'une tige dont l'axe est courbe

$$\frac{dN}{ds}+Tk_1+X=0,$$

$$(1)\qquad \frac{dT}{ds}-Nk_1+Z=0,\qquad \frac{dM}{ds}+N=0\quad (^4),$$

où N est la force transversale, T la force axiale, M le moment fléchissant et k_1 la courbure de l'axe. L'accroissement de la courbure k_1-k_0 et le moment M sont liés par la formule $M=B(k_1-k_0)$. En introduisant ρ_0 et θ, et en substituant l'expression pour k_1-k_0 dans les équations (1), nous aurons

$$(2)\qquad \left\{\begin{array}{l}\dfrac{dN}{d\theta}+T\left(1+\rho_0\dfrac{M}{B}\right)+\rho_0X=0,\qquad \dfrac{dT}{d\theta}-N\left(1+\rho_0\dfrac{M}{B}\right)+\rho_0Z=0,\\ \qquad\qquad\qquad \dfrac{dM}{d\theta}+\rho_0N=0.\end{array}\right.$$

Soit $d(\rho_0X)/d\theta-\rho_0Z=0$, alors nous tirons du système (2), pour déterminer la charge critique, l'équation différentielle

$$(3)\qquad B\left(\frac{d^2}{d\theta^2}+1\right)\frac{1}{\rho_0}\frac{dM}{d\theta}+\frac{d}{d\theta}(\rho_0^2XM)=0.$$

En désignant les déplacements parallèles aux axes Ox et Oz par u et w, nous aurons

$$k_1-k_0=\frac{1}{\rho_0}\frac{d}{d\theta}\frac{\dfrac{du}{d\theta}+w}{\rho_0}.$$

(¹) Kryloff et Boguluboff, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1064.

(²) Pendant les dernières années ce problème a été étudié par les auteurs suivants : M. Mesnager, *Génie civil*, 44, 1929, p. 114; Baticle, *Génie civil*, 44, 1929, p. 113; Pigeaud, *Génie civil*, 44, 1929, p. 448; E. Steuermann, *Bulletin de l'Institut polytechnique de Kiew*, 1929 (en russe), Livre I, p. 25.

(³) Séance du 4 juillet 1932.

(⁴) A. E. Love, *A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*, 1927, p. 397.

Admettons que la longueur de l'axe ne varie pas $dw/d\theta - u = 0$. Cela donne pour M l'équation

$$M = \frac{B}{\rho_0}\frac{d}{d\theta}\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{d^2 w}{d\theta^2} + w\right). \tag{4}$$

Pour le système des équations (3) et (4), dans le cas d'une tige dont les bouts peuvent tourner, mais ne peuvent pas changer la place, on a les conditions aux limites $\theta = 0$, $w = 0$, $dw/d\theta = 0$, $M = 0$ et $\theta = \gamma$, $w = 0$, $dw/d\theta = 0$, $M = 0$. Après l'intégration de l'équation (4) nous aurons

$$M(0) = 0, \qquad M(\gamma) = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\int_0^\gamma \rho_0 \sin\theta\, d\theta \int_0^\theta \rho_0 M\, d\theta}{\int_0^\gamma \rho_0 \cos\theta\, d\theta \int_0^\theta \rho_0 M\, d\theta} = \frac{\int_0^\gamma \rho_0 \sin\theta\, d\theta}{\int_0^\gamma \rho_0 \cos\theta\, d\theta}, \tag{5}$$

γ étant l'angle entre les normales extrêmes. Introduisons d'ailleurs $\zeta = \theta - \alpha$, où $\alpha = \gamma/2$.

Arc parabolique. — L'intensité de la charge, parallèle à l'axe de symétrie, varie selon la loi $p = p_0 \cos\zeta$, où p_0 désigne la valeur de l'intensité pour $\zeta = 0$, alors nous avons $X = p_0 \cos^2\zeta$ et $Z = p_0 \sin\zeta \cos\zeta$. En introduisant dans l'équation (3) X, Z, $1/\rho_0 = 1/a\cos^3\zeta$ (a — rayon de courbure pour $\zeta = 0$), nous aurons l'équation

$$\frac{B}{a^3}\left(\frac{d^2}{d\zeta^2} + 1\right)\cos^4\zeta \frac{dM}{d\zeta} + p_0 \frac{d}{d\zeta}\frac{M}{\cos^4\zeta} = 0, \tag{6}$$

qu'il faut intégrer avec les conditions

$$M(-\alpha) = 0, \qquad M(\alpha) = 0, \qquad \int_{-\alpha}^{\alpha}\left(\frac{1}{\cos^2\alpha} - \frac{1}{\cos^2\zeta}\right)\frac{M}{\cos^3\zeta}\, d\zeta = 0. \tag{7}$$

Pour trouver la fonction impaire, qui satisfait les conditions (7), nous prenons $\zeta = 0$, $M = 0$, $d^2M/d\zeta^2 = 0$, $\zeta = \alpha$, $M = 0$.

Posons $\cos^3\zeta\, dM/d\zeta = V$ et désignons $p_0 a^3/B$ par m. Nous allons intégrer le système des équations

$$\left(\frac{d^2}{d\zeta^2} + 1\right)V + \frac{m}{\cos^5\zeta}\left(\frac{V}{\cos^2\zeta} + 4\sin\zeta\, M\right) = 0, \qquad \frac{dM}{d\zeta} = \frac{V}{\cos^3\zeta},$$

avec les conditions initiales

$$\zeta = 0, \qquad M = 0, \qquad V = 1, \qquad \frac{dV}{d\zeta} = 0,$$

par la méthode de Störmer-Adams, suivant laquelle

$$\Delta M_n = \eta_n + \frac{1}{2}\Delta\eta_{n-1} + \frac{5}{12}\Delta^2\eta_{n-2} + \frac{3}{8}\Delta^3\eta_{n-3};$$

$$\Delta^2 V_{n-1} = \xi_n + \frac{1}{12}\left[\Delta^2\xi_{n-2} + \Delta^3\xi_{n-3} + \Delta^4\xi_{n-4} - \frac{1}{20}\Delta^4\xi_{n-4}\right],$$

où

$$\eta = h\frac{V}{\cos^3\zeta} \qquad \text{et} \qquad \xi = -h^2\left[V + \frac{m}{\cos^5\zeta}\left(\frac{V}{\cos^2\zeta} + 4\sin\zeta M\right)\right].$$

Si la valeur d'une charge est critique, $M(\alpha) = 0$. En appliquant cette méthode on peut trouver les valeurs approximatives de m. Par exemple, pour $\alpha = 0,5$, $m \approx 27,95$.

L'axe a la forme de chaînette renversée. — Pour le cas d'une charge uniforme d'intensité p, qui est parallèle à l'axe de symétrie, nous aurons

$$X = p\cos\zeta, \qquad Z = p\sin\zeta.$$

En introduisant ces expressions et $1/\rho_0 = \cos^2\zeta/a$, où a est le rayon de courbure pour $\zeta = 0$ dans l'équation (3), nous aurons

$$\frac{B}{a^2}\left(\frac{d^2}{d\zeta^2} + 1\right)\cos^2\zeta\frac{dM}{d\zeta} + p\frac{d}{d\zeta}\frac{M}{\cos^3\zeta} = 0.$$

Posons

$$\cos^2\zeta\frac{dM}{d\zeta} = V \qquad \text{et} \qquad \frac{pa^3}{B} = m$$

et intégrons le système

$$\left(\frac{d^2}{d\zeta^2} + 1\right)V + \frac{m}{\cos^4\zeta}\left(\frac{V}{\cos\zeta} + 3\sin\zeta M\right) = 0, \qquad \frac{dM}{d\zeta} = \frac{V}{\cos^2\zeta},$$

par la méthode de Störmer-Adams.

Pour $\alpha = 0,5$, $m \approx 30,84$.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le calcul des ressorts à boudin chargés transversalement.* Note de M. **René Marty**, présentée par M. d'Ocagne.

Ayant eu à étudier d'une part la façon dont on pouvait disposer des ressorts à boudin dans des accouplements élastiques pour qu'ils ne soient pas gênés par la force centrifuge aux grandes vitesses de rotation, et, d'autre part, comment se comportaient dans certains embrayages, les ressorts d'appui des plateaux d'entraînement, j'ai été amené à rechercher

quelles sont les déformations et les fatigues que leur infligent des charges transversales.

N'ayant pas vu ce sujet tout traité, je l'ai abordé en négligeant, comme dans la théorie courante des ressorts comprimés ou tendus, l'inclinaison du fil sur l'axe, le cisaillement, la traction ou compression du fil.

L'effet des forces transversales sur le ressort est analogue à celui des charges sur une poutre. Elles produisent une déformation de l'axe ou ligne centrale du ressort, qui joue ici le même rôle que la fibre neutre dans la poutre.

Cette Note indique les caractéristiques de la poutre équivalente, la déformation de la ligne centrale, la fatigue du métal.

L'analogie avec une poutre nécessite la définition des plans de référence auxquels se rapporte la déformation de glissement. Avant déformation, ces plans seront menés en chaque point perpendiculairement à l'axe. Après déformation, ils restent parallèles aux normales principales de la fibre neutre du fil; la ligne centrale ne leur reste pas normale, ce qui définit le glissement.

En adoptant les notations suivantes (unités : kgr, mm) :

d, diamètre du fil; D, diamètre moyen d'enroulement; n, nombre des spires utiles; L, longueur du ressort; E, G, modules d'élasticité longitudinale, transversale du métal; S, surface; I, moment d'inertie de la section de la poutre équivalente prise comme comparaison; F, effort tranchant; M, moment fléchissant; p, charge par unité de longueur; P, charge longitudinale; F_1, charge limite avant flambement; ω, vitesse angulaire en radians par sec.; r, distance à l'axe de rotation; f, flèche transversale de la ligne centrale du ressort; f_1, flèche longitudinale du ressort à partir de sa longueur libre; T_f, fatigue de flexion due à F; R_f, R_t, fatigues de flexion, de torsion dues à M; je suis arrivé aux résultats suivants, à comparer au cas de la poutre :

Glissement pour $F = 1$:	$\dfrac{16 D^3 n}{L E d^4}$	joue le rôle de	$\dfrac{1}{SG}$
Angle de flexion pour $M = 1$:	$\dfrac{16 D n}{L d^4}\left(\dfrac{1}{G} + \dfrac{2}{E}\right)$	»	$\dfrac{1}{EI}$

Tous les problèmes se ramènent ainsi aux cas des poutres à section circulaire.

$T_f = 16 FD/\pi d^3$, soit le double de la fatigue de torsion qui serait due au même effort appliqué longitudinalement :

$$R_f = \frac{32 M}{\pi d^3}, \qquad R_t = \frac{16 M}{\pi d^3},$$

R_f est plus importante que R_t et que la fatigue composée en tout point.

Dans le cas d'un ressort encastré aux extrémités et chargé uniformément,

$$f = \frac{\mathrm{L}p\,\mathrm{D}n}{d^4}\left[\frac{\mathrm{L}^2}{24}\left(\frac{1}{\mathrm{G}} + \frac{2}{\mathrm{E}}\right) + \frac{2.\mathrm{D}^2}{\mathrm{E}}\right].$$

Fatigue maxima aux encastrements :

$$\mathrm{R}_f = \frac{8}{3}\,\frac{p\mathrm{L}}{\pi d^3}\sqrt{\mathrm{L}^2 + 9.\mathrm{D}^2}.$$

Cas d'un ressort en acier encastré aux deux extrémités soumis à la force centrifuge :

$$f = r\left(\frac{\omega\,\mathrm{D}n}{d}\right)^2\left[\frac{\mathrm{L}^2}{96}\left(\frac{1}{\mathrm{G}} + \frac{2}{\mathrm{E}}\right) + \frac{\mathrm{D}^2}{2.\mathrm{E}}\right]\frac{\pi^2.7,8}{10^2.9,81},$$

$$\mathrm{R}_f = \frac{n\,\mathrm{D}\omega^2 r}{d^2}\,\frac{2.\pi.7,8}{3.10^9.9,81}\sqrt{\mathrm{L}^2 + 9.\mathrm{D}^2}.$$

Tant qu'une charge longitudinale maintient les spires extrêmes appuyées, le ressort est considéré comme encastré.

Dans le cas où le pas et les diamètres d et D varient le long du ressort, le problème se traite comme celui d'une poutre de section variable.

Les diamètres et le pas étant supposés constants, si l'on ajoute aux charges transversales une charge longitudinale, les points où la fatigue est la plus importante restent les mêmes.

La formule d'Euler, pour le flambement, donne, dans le cas de deux encastrements :

$$\mathrm{F}_1 = \frac{3}{\frac{4}{\mathrm{G}} + \frac{8}{\mathrm{E}}}\,\frac{d^4}{n\,\mathrm{DL}} = \frac{2\pi^2}{1 + \frac{2\,\mathrm{G}}{\mathrm{E}}}\,\frac{\mathrm{D}^2}{\mathrm{L}\frac{\partial f_1}{\partial \mathrm{P}}},$$

$$\frac{\mathrm{F}_1}{\mathrm{P}} = \frac{2\pi}{\frac{1}{\mathrm{G}} + \frac{2}{\mathrm{E}}}\,\frac{d}{n\mathrm{LR}}.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'attraction entre un ellipsoïde et un point extérieur.* Note de M. **Émile Merlin**, transmise par M. Ernest Esclangon.

1. Dans le but d'étendre aux ellipsoïdes certaines propriétés qui se présentent dans l'attraction entre une sphère composée de couches sphériques homogènes concentriques et un point extérieur, partons du beau théorème de Mac Laurin-Laplace, en vertu duquel, en tout point extérieur, les poten-

tiels dus à deux ellipsoïdes homogènes homofocaux sont proportionnels aux masses de ces corps [1].

Appelons x'_1, y'_1, z'_1 les coordonnées d'un point P'_1 quelconque intérieur à l'ellipsoïde E_1, dont les demi-axes ont pour longueurs a_1, b_1, c_1; $d\tau_1$ l'élément de volume en P'_1 et x, y, z les coordonnées d'un point quelconque P extérieur à l'ellipsoïde homofocal à E_1, dont les carrés des demi-axes sont

$$a_1^2+\lambda,\quad b_1^2+\lambda,\quad c_1^2+\lambda \qquad (\lambda > 0).$$

Le théorème rappelé exprime que l'intégrale, étendue au volume T_1 de E_1,

$$(1)\quad \iiint_{\tau_1} \frac{d\tau_1}{\sqrt{\left(x-\sqrt{1+\frac{\lambda}{a_1^2}}\,x'_1\right)^2+\left(y-\sqrt{1+\frac{\lambda}{b_1^2}}\,y'_1\right)^2+\left(z-\sqrt{1+\frac{\lambda}{c_1^2}}\,z'_1\right)^2}}$$

est indépendante de λ.

2. Dérivons (1) par rapport à λ et faisons λ nul, il vient, O désignant le centre de T_1; $P_1(x_1, y_1, z_1)$ le point d'intersection de OP'_1 avec E_1; P'_1N' la demi-parallèle menée par P'_1 à la normale extérieure P_1N à E_1 en P_1,

$$(2)\quad \iiint_{T_1} F_{n'}\,d\tau_1 = 0, \qquad F_{n'} = \frac{1}{\overline{P'_1P}^2}\,\frac{OP'_1}{OP_1}\sqrt{\frac{x_1^2}{a_1^4}+\frac{y_1^2}{b_1^4}+\frac{z_1^2}{c_1^4}}\cos(P'_1P, P'_1N').$$

Si l'on suppose que la densité de l'ellipsoïde T_1 varie le long de tout rayon vecteur, issu de O, proportionnellement à la distance au centre, la densité à la surface étant proportionnelle à la distance de l'ellipsoïde E_1 à l'ellipsoïde homofocal infiniment voisin, $F_{n'}d\tau_1$ sera la composante suivant P'_1N' de la force newtonienne qui prend naissance en P'_1 sous l'action d'un point de masse un, quelconque, extérieur à E_1.

3. Appliquons la formule d'Ostrogradsky, nous aurons

$$\left(\frac{1}{a_1^2}+\frac{1}{b_1^2}+\frac{1}{c_1^2}\right)\iiint_{T_1}\frac{d\tau_1}{P'_1P} = \iint_{E_1}\frac{\sqrt{\frac{x_1^2}{a_1^4}+\frac{y_1^2}{b_1^4}+\frac{z_1^2}{c_1^4}}}{P_1P}\,d\sigma_1.$$

Considérons, d'une part, l'ellipsoïde T_1 homogène de densité égale à la somme des inverses des carrés des demi-axes, multipliée par une constante μ; d'autre part, sur l'ellipsoïde E_1 une couche dont la densité en chaque point

[1] TISSERAND, *Mécanique céleste*, 2, p. 52.

soit proportionnelle à la distance à l'ellipsoïde homofocal infiniment voisin, la densité aux sommets étant μ/a_1, μ/b_1, μ/c_1. En tout point P extérieur à E_1, le potentiel dû à T_1 est égal à celui qui est dû à E_1.

4. Dérivons (1) deux fois par rapport à λ, faisons λ nul et appliquons la formule d'Ostrogradsky, en tenant compte de (2).

Considérons l'ellipsoïde E_2 ayant pour équation, l étant une constante introduite pour l'homogénéité,

$$\frac{x^2}{a_1^4}+\frac{y^2}{b_1^4}+\frac{z^2}{c_1^4}=\frac{1}{l^2};$$

et appelons K_2 sa courbure totale en son point P_2 d'intersection avec OP'_1 et $P'_1N'_2$, la parallèle menée par P'_1 à la normale extérieure à E_2 en P_2, tandis que K_1 désigne la courbure totale de E_1 en P_1. On a

$$2\int\int\int_{T_1}\frac{\cos(P'_1P, P'_1N'_2)}{\overline{P'_1P}^2}\,\frac{OP'_1}{OP_2}\,\frac{d\tau_1}{\sqrt[4]{K_2 l^2}}=\int\int_{E_1}\frac{\cos(P_1P, P_1N)}{\overline{P_1P}^2}\,\frac{d\sigma_1}{\sqrt{K_1}},$$

dont l'interprétation est évidente.

5. Transformons par la formule d'Ostrogradsky, le premier membre de l'équation précédente et, μ désignant une constante, H_1 la courbure moyenne de E_1, considérons : 1° l'ellipsoïde homogène T_1 de densité

$$\mu\left(\frac{1}{a_1^2}+\frac{1}{b_1^2}+\frac{1}{c_1^2}\right);$$

2° sur E_1, une couche de densité

$$\mu\left[\left(\frac{1}{a_1^2}+\frac{1}{b_1^2}+\frac{1}{c_1^2}\right)\frac{1}{\sqrt{a_1^2b_1^2c_1^2K_1}}-\frac{H_1}{\sqrt[4]{a_1^2b_1^2c_1^2K_1}}\right];$$

3° sur E_1 une couche de densité $\mu/\sqrt{a_1^2b_1^2c_1^2K_1}$. Nous trouvons que, en un point quelconque P de l'espace extérieur à E_1, le potentiel du premier corps est égal à celui de la première couche diminué de la moitié du flux de forces à travers E_1, de l'intérieur vers l'extérieur, dû aux forces que le point P de masse un fait naître sur la seconde couche.

ASTRONOMIE. — *L'anomalie normale et son rôle dans deux applications astronomiques courantes.* Note de M. **Sylvain Arend**, transmise par M. Ernest Esclangon.

1. Nous appelons anomalie normale l'angle ψ que fait la normale en un point d'une ellipse avec la ligne des apsides. Cet angle, défini par la relation

$$\tan\psi = \tan E \sec\varphi, \tag{1}$$

correspond à la latitude géographique telle qu'on la considère en géodésie sur une ellipse méridienne.

Le nom spécial que nous lui donnons est justifié par sa génération géométrique et par le rôle analogue à celui de l'anomalie vraie, qu'il est susceptible de jouer dans le problème de la détermination des orbites. Nous nous proposons de faire ressortir ses avantages en l'utilisant pour résoudre les deux problèmes élémentaires suivants : 1° la détermination des mouvements relatifs d'un astre errant ; 2° le calcul de la « variation » d'un astéroïde ou d'une comète.

2. Soient, dans le système des coordonnées rectangulaires équatoriales, ξ, η, ζ, les coordonnées d'un astre errant rapportées à la Terre ; x, y, z, les coordonnées de cet astre par rapport au Soleil ; X, Y, Z, les coordonnées du Soleil par rapport à la Terre.

Les projections V_h et V_p de la vitesse apparente V_a de l'astre P sur les tangentes positives en P (situé sur une sphère géocentrique de rayon ρ), l'une t_p au parallèle et l'autre t_h au cercle horaire, s'écrivent [1]

$$\begin{Bmatrix} V_h \\ V_p \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} x'+X' \\ y'+Y' \\ z'+Z' \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} -\sin\delta\cos\alpha & -\sin\alpha \\ -\sin\delta\sin\alpha & \cos\alpha \\ \cos\delta & 0 \end{Bmatrix}, \tag{2}$$

où les accents désignent des dérivées par rapport au temps.

De (2), on tire

$$\Delta\delta = \frac{1}{\sin 1''}\,\frac{V_h}{\rho} \qquad \text{(en secondes d'arc)}, \tag{3}$$

$$\Delta\alpha = \frac{1}{15\sin 1''}\,\frac{V_p}{\rho}\sec\delta \qquad \text{(en secondes de temps)}. \tag{4}$$

---

[1] Les formules sont écrites en « cracoviens ». Voir *Acta astronomica*, **1**, 1929 (*c*), p. 63 et 88, et également Th. Banachiewicz, *Sur la détermination du grand cercle de recherches des astéroïdes* (*Astr. Nachr.*, **244**, 1931, p. 187).

Pour calculer les composantes x', y' et z' de la vitesse propre V_r, on se servira des cosinus directeurs a_1, a_2, a_3 de cette vitesse qui sont définis par les relations immédiates :

$$(5)\quad \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\sin\psi \\ \cos\psi \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} P_x\, P_y\, P_z \\ Q_x\, Q_y\, Q_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Q_x\cos\psi - P_x\sin\psi \\ Q_y\cos\psi - P_y\sin\psi \\ Q_z\cos\psi - P_z\sin\psi \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sin a'\cos(A'+\psi) \\ \sin b'\cos(B'+\psi) \\ \sin c'\cos(C'+\psi) \end{Bmatrix},$$

où les constantes périhéliques équatoriales sont reliées aux constantes nodales équatoriales par les formules bien connues

$$(6)\quad P_x = \sin a' \sin A' \ldots, \qquad Q_x = \sin a' \cos A' \ldots.$$

3. En faisant usage des quantités auxiliaires

$$(7)\quad N_1 = 15\sin c' \cos(C'+\psi),$$

$$(8)\quad K_1 = -\sin\alpha \sin a' \cos(A'+\psi) + \cos\alpha \sin b' \cos(B'+\psi),$$

$$(9)\quad K_2 = \cos\alpha \sin a' \cos(A'+\psi) + \sin\alpha \sin b' \cos(B'+\psi),$$

utilisées par M. Fayet [1], les formules (3) et (4) deviennent

$$(10)\quad \Delta\delta = \frac{V_r\left(\frac{N_1}{15}\cos\delta - K_2\sin\delta\right)}{\rho\sin 1''},$$

$$(11)\quad \Delta\alpha = \frac{V_r K_1}{15.\rho\sin 1''}\sec.\delta.$$

Le calcul, à la précision du 0,1', des composantes en α et en δ du mouvement propre d'un astre errant, est dès lors possible, d'une manière particulièrement commode, à l'aide des Tables publiées par M. Fayet [1], pourvu que l'on substitue « l'anomalie normale » à l'anomalie vraie.

4. Une formule générale très simple de la variation se déduit par division de (10) et (11) :

$$(12)\quad j = \frac{N_1\cos^2\delta - \frac{15}{2}K_2\sin 2\delta}{K_1}.$$

L'intérêt du choix de l'angle ψ à la place de v apparaît du fait qu'on réduit à 4 (au lieu de 7) le nombre des Tables de M. Fayet nécessaires à la détermination de j.

5. On peut remarquer que les formules précédentes sont valables dans le cas de la parabole, à la condition d'y remplacer ψ par $v/2$.

---

(1) G. Fayet, *Tables fournissant l'orientation du grand cercle de recherche d'un astéroïde* (*Journal des observateurs*, **11**, 1929, p. 199).

ACOUSTIQUE. — *Sur l'absorption du son dans les tuyaux et pavillons acoustiques.* Note de M. **Y. Rocard**, présentée par M. Henri Villat.

L'expérience montre que le son se propageant dans l'air à l'intérieur d'un tuyau de faible diamètre subit une absorption très notable. Les effets de la viscosité du gaz dans son mouvement à travers le tuyau en sont en partie responsables, et sont d'ailleurs bien connus (Lord Rayleigh, I. Crandall). Mais pour des tuyaux identiques quant à leur forme, on constate que l'absorption varie en outre beaucoup suivant la nature de la paroi. Il faut donc chercher dans la structure même de celle-ci de nouvelles causes d'absorption. Parmi ces causes, il y en a d'évidentes : ce sont la mise en vibration mécanique de la paroi sous l'influence de l'onde sonore, les fuites possibles dues à une structure poreuse ou fibreuse de la paroi. Nous allons montrer par quel procédé très simple on peut calculer l'absorption qui en résulte.

Dans une onde sonore, quatre quantités, la pression P, la température T, la densité ρ et la vitesse d'une particule V sont reliées par quatre équations : l'équation de continuité, l'équation d'état du gaz, l'équation exprimant les échanges d'énergie qui sera en général l'équation adiabatique et l'équation hydrodynamique du mouvement. Par des éliminations entre ces quatre équations, on obtient l'équation de propagation. Si l'on prend une équation hydrodynamique sans viscosité, une équation de continuité relative à des parois rigides et immobiles, et une équation adiabatique se réduisant à $c_v dT + p dv = 0$ (c_v, chaleur spécifique sous volume constant, $v = 1/\rho$), ce qui revient à admettre $pv^\gamma =$ const. (γ rapport des chaleurs spécifiques), on trouve une équation de propagation du son dépourvue de terme exprimant l'absorption. Si l'on fait appel à un phénomène accessoire (viscosité, chaleur perdue par rayonnement, diffusion, etc.), qui vient modifier l'une de ces équations, alors le terme d'absorption apparaît en général. J'ai montré [1] qu'on pouvait conduire les calculs d'élimination de façon à reporter la modification en question sur l'expression même de l'équation adiabatique, laquelle peut toujours s'écrire $pv^{\gamma + i\Delta\gamma} =$ const. pour de petits déplacements, et en supposant des variations sinusoïdales dans le temps, l'imaginaire i indiquant un déphasage entre les variations de p et de ρ.

[1] *Journal de Physique*, 1, 1930, p. 426.

Il s'ensuit alors l'apparition d'un coefficient d'absorption α (α pour l'amplitude, 2α pour l'énergie) donné par la relation

$$\alpha = \frac{\omega}{2c\gamma}\Delta\gamma.$$

Employons cet artifice pour déterminer l'absorption du son dans un tuyau qui vibre. Soient : P_1 la partie variable de la pression dans l'onde, R_1 la partie variable du rayon interne du tuyau qui vibre. Supposons, entre R_1 et P_1, une relation

$$a\frac{d^2R_1}{dt^2} + b\frac{dR_1}{dt} + kR_1 = P_1$$

(si le tuyau propage lui-même les vibrations dans le sens de son axe Ox, a, b, k seront des fonctions de x). L'équation de continuité, écrite pour la seule coordonnée x, se trouve modifiée. On en déduit sans peine la modification $\Delta\gamma$ équivalente et le coefficient d'absorption

$$\alpha = \frac{\gamma P}{cR}\,\frac{b\omega^2}{\left[k - a\omega^2 + \frac{2\gamma P}{R}\right]^2 + (b\omega)^2},$$

c, vitesse du son, P pression moyenne, R rayon moyen du tuyau, ω pulsation.

L'amortissement du son, dans un tuyau à parois poreuses ou fibreuses, est également très facile à traiter. Ce phénomène conduit à une loi de la forme

$$\alpha = \frac{A}{R}\,\frac{\omega^2}{1 + B\omega^2}.$$

A et B étant des constantes si la structure du tuyau est homogène le long de x. Si l'on fait appel à plusieurs causes d'absorption de ce genre, on aura pour α la forme suivante :

$$\alpha = \frac{A}{R}\left(\frac{D_1\omega^2}{1 + B_1\omega^2} + \frac{D_2\omega^2}{1 + B_2\omega^2 + C_2\omega^4} + \ldots\right),$$

les A, B, C, D étant des constantes. La loi en $1/R$ est générale.

Pour un *pavillon* à parois absorbantes, dont la forme est caractérisée par une section S fonction de l'abscisse x, nous écrivons également sans peine l'équation de propagation du son avec absorption, le potentiel des vitesses Φ

étant supposé de la forme $\varphi^{i\omega t}$:

$$\left(\frac{1}{1+i\frac{\Delta\gamma}{\gamma}}\right)\frac{\omega^2}{c_0^2}\varphi+\frac{\partial \log S}{\partial x}\frac{\partial\varphi}{\partial x}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}=0.$$

Elle ne diffère de l'équation classique (Lord Rayleigh, Webster) que par le facteur $1/(1+i\Delta\gamma/\gamma)$, où $\Delta\gamma$ s'obtient très aisément quand on se donne la cause qui provoque l'absorption. En général, $\Delta\gamma$ sera fonction de x, ce qui complique l'intégration. Cependant celle-ci peut dans les cas pratiques s'obtenir par approximations successives, et l'on peut alors voir comment l'amplitude de l'onde sonore se modifie sous la double influence de l'augmentation de section du pavillon avec x, et des effets absorbants de la paroi.

ÉLECTROMÉTRIE. — *Électromètre à binants et électromètre à secteurs demi-circulaires.* Note (¹) de M. **Eligio Perucca.**

Des travaux parus tout récemment (²) sur les électromètres, en particulier sur l'électromètre à binants, me donnent l'occasion de signaler un travail de M. E. Morelli (³) sur l'électromètre à binants. Ce travail avait été résumé dans les *Beiblätter;* il avait été mentionné dans le *Handbuch der Physik* de Winkelmann (⁴) : il semble pourtant avoir échappé à presque tous les physiciens.

C'est M. Galileo Ferraris qui avait présenté, à la séance du 18 novembre 1888 de l'Académie des Sciences de Turin, une Note de son élève l'ingénieur E. Morelli, ayant pour titre *Elettrometro ad emicicli, theorie et applicazioni.* Dans cette Note, M. Morelli donna la théorie de l'électromètre à binants et en décrivit la réalisation pratique.

Les secteurs semi-circulaires (*emicicli*) de M. Morelli sont précisément les binants de l'électromètre de MM. Blondlot et Curie. Les qualités qui rendent l'électromètre à binants supérieur à l'électromètre à quadrants, les possibilités d'application ont été fixées d'une manière très heureuse par M. Morelli.

(¹) Séance du 4 juillet 1932.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 356; 194, 1932, p. 546; *Zeits. für Instr.*, 52, 1932, p. 132, 187; *Phys. Zeits.*, 33, 1932, p. 135, 345.

(³) *Atti Acc. Sc. Torino*, 24, 1888, p. 22.

(⁴) Volume IV, 1, 1905, p. 66.

Et tout cela seulement six jours avant la présentation aux *Comptes rendus* de la Note de MM. Blondlot et Curie. Les deux travaux doivent donc être considérés comme tout à fait contemporains et cette Note n'a aucun caractère de réclamation de priorité : je conclus seulement qu'il serait juste de donner à l'électromètre à binants les noms de Morelli, Blondlot, Curie.

Mais, puisque les publications nombreuses de M. Nadjakoff me donnent l'occasion de le faire, je me permets de faire connaître aux lecteurs des *Comptes rendus* le travail intéressant de M. Morelli, et d'ajouter que les formules de cet auteur sur l'électromètre à quadrants et l'électromètre à demi-cercles sont exemptes des inexactitudes signalées par M. Nadjakoff dans les autres travaux. En effet la formule (3) de la page 24 et la première formule de la page 25 de la Note de M. Morelli coïncident avec les formules (5), (6) de M. Nadjakoff [1].

ÉLECTRICITÉ. — *Étude électrométrique directe de la charge limite d'une sphère conductrice dans un champ électrique ionisé*. Note de MM. **M. Pauthenier** et **R. Guilliex**, présentée par M. A. Cotton.

Il résulte d'une discussion antérieure [2] que la charge limite prise par un conducteur sphérique de rayon a dans un champ électrique ionisé E_0 est très sensiblement $Q_0 = 3E_0 a^2$ pourvu que le rayon a soit supérieur à quelques microns.

Il est intéressant de contrôler ce résultat pour des sphères de grand rayon dont la charge limite est suffisante pour être déterminée par une méthode électrométrique directe.

Les sphères conductrices sont ici des billes d'acier de $0^{mm},5$ à $3^{mm},5$ de rayon. Elles tombent sous l'action de la pesanteur dans un champ cylindrique ionisé de 2^{m} de haut et de 30^{cm} de diamètre, elles y séjournent 0,5 seconde, temps suffisant pour que la charge limite Q_0 soit pratiquement atteinte dans les conditions de nos expériences.

Les billes, d'ailleurs déviées de la verticale, sont reçues en dehors du champ dans un très petit entonnoir dont l'angle au sommet est assez faible pour empêcher le rebondissement. A la partie inférieure de l'entonnoir pend librement entre deux plateaux un fil de quartz platiné de 10^{μ} de rayon

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 547.

(2) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1068.

constituant un électromètre à corde de faible capacité (5^{cm}). Des protections électrostatiques soignées empêchent les ions produits dans le cylindre de troubler les mesures.

Aux erreurs d'expérience près (1 à 2 pour 100 en général), on obtient les résultats suivants :

1° Pour une valeur donnée du champ (c'est-à-dire du potentiel négatif V_m du fil) la charge prise par une bille donnée est invariable.

2° Pour une valeur donnée de V_m, comprise dans les essais entre 9 et 42 kilovolts, la charge Q_0 prise par une sphère est proportionnelle à E_0.

	Sphères de 2^{mm} de rayon.				Sphères de 1^{mm} de rayon.			
Valeur de E_0 (c. g. s.).....	1,95	2,82	4,42	5,20	1,78	2,32	3,1	4,0
Valeur relative de Q_0/E_0...	20,5	19,8	19,2	19,22	6,4	25.5	24,8	25

3° La charge Q_0 est bien proportionnelle au carré du rayon. Voici par exemple une série de résultats correspondant à une même valeur de V_m :

	Première expérience.				Deuxième expérience.		Troisième expérience.	
a (mm).....	1	2	2,5	3,5	0,5	1	0,5	1
Q_0/a^2......	1,002	0,987	0,994	1,00	1,004	1,00	1,006	1,00

4° *Mesures absolues :* Pour graduer l'électromètre on y apporte des charges connues fournies par un condensateur à anneau de garde. Le rapport Q_0/E_0a^2 est bien égal à 3 avec toute la précision compatible avec les mesures.

Voici des résultats correspondant à une sphère de 2^{mm} de rayon, le champ est $E_0 = 7$ c. g. s.

Q_0 calculé..............	0,840	u. e. s. c. g. s.
Q_0 observé............	0,838	»
	0,840	»

Dans un champ électrique ionisé, l'existence d'une charge limite pour des particules sphériques de rayon supérieur à quelques microns et la valeur limite de cette charge peuvent donc être considérées comme définitivement établies.

ONDES HERTZIENNES. — *Sur les phénomènes de synchronisation.* Note de M. **Henri Abraham**, présentée par M. Cotton.

Les considérations qui vont suivre paraissent devoir s'appliquer à la plupart des phénomènes de synchronisation. Nous prendrons comme exemple le cas relativement simple d'un appareil récepteur soumis à

l'action des ondes hertziennes d'une station émettrice. Le poste récepteur est supposé être accroché en oscillations entretenues faibles, comme lorsque l'on veut écouter une émission lointaine.

Le phénomène bien connu des battements entre les oscillations propres du récepteur et les oscillations forcées que lui imposent les ondes incidentes fait entendre un son dans le téléphone. La fréquence de ce son de battements est réputée être égale à la différence des fréquences des oscillations des deux origines; et l'extinction des battements est réputée indiquer l'accord exact des oscillations *libres* du récepteur sur les oscillations incidentes.

Mais le récepteur n'est pas *libre* il est couplé avec l'antenne d'émission, et cela entraîne un désaccord profond entre les énoncés précédents et la réalité. En particulier lorsque les battements cessent, le poste récepteur n'est jamais rigoureusement réglé sur l'émission, et l'absence de battements peut se maintenir sur toute une plage du réglage. Si elles pouvaient se produire librement, les oscillations propres du récepteur ne seraient pas synchrones de l'émission; c'est seulement en raison du couplage que le récepteur s'est *accroché* à distance sur l'antenne d'émission. La fréquence de l'émission peut alors varier dans d'assez larges limites : le poste récepteur suit rigoureusement ces variations sans jamais gagner ou perdre une seule période.

Le mécanisme d'approche de ces accrochages est assez intéressant.

Le régime des battements comporte des alternatives de coïncidence de phase et d'opposition de phase qui correspondent, à cause du couplage, à des alternatives de tendance à la synchronisation, puis à la désynchronisation. Mais il existe une certaine dissymétrie entre les deux demi-régimes. La durée pendant laquelle les effets synchronisants se produisent est en effet plus grande que celle des effets inverses, parce que l'entretien des oscillations propres se fait alors sur une période voisine de celle des ondes incidentes et contribue à maintenir le synchronisme, tandis que l'effet inverse se produit dans l'autre partie du temps, celle de la désynchronisation qui devient ainsi très rapide.

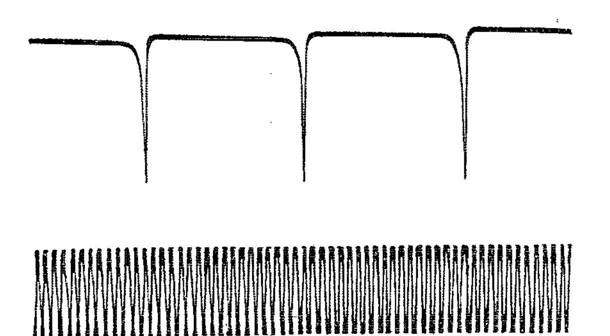
Il en résulte que le régime oscillatoire du récepteur se compose d'une série d'accrochages presque parfaits sur la fréquence des ondes, accrochages séparés par des décrochages brusques, pratiquement instantanés.

Le son de battements que l'on entend a comme période l'intervalle de temps qui sépare les décrochages successifs.

On a une confirmation de ces considérations par l'observation du timbre des sons de battements, où l'on reconnaît aisément une succession de chocs.

Une confirmation indirecte résulte encore de ce que, *a priori*, le réglage exact du synchronisme serait impossible à réaliser avec les moyens relativement grossiers d'ajustement des circuits dont sont pourvus les appareils récepteurs.

La figure ci-dessous a été dessinée d'après l'inscription oscillographique



du courant redressé d'un voltmètre amplificateur où l'on faisait interférer les oscillations d'un oscillateur puissant et celles d'un oscillateur faible. Lorsque les appareils ne sont pas couplés, le courant d'interférence est d'allure sinusoïdale, mais lorsque les circuits sont couplés, les accrochages intermittents se manifestent clairement sur la courbe.

Les phénomènes de radiosynchronisation que nous venons d'analyser sont utilisés automatiquement dans l'écoute de la radio lointaine. Il est donc utile que les stations émettrices n'emploient pas une modulation trop profonde, et laissent subsister une proportion d'onde porteuse suffisante pour permettre l'accrochage des appareils récepteurs dans l'écoute lointaine.

L'accrochage si facile des postes récepteurs sur la fréquence des ondes hertziennes fournit par ailleurs une méthode d'une précision absolue pour tous les réglages de fréquences à distance. Les procédés, maintenant classiques, de multiplication et de démultiplication permettent, en effet, de passer de la fréquence initiale de l'émission sur laquelle le récepteur est accroché à telle autre fréquence que l'on désire. On peut ainsi faire fonctionner simultanément dans différents postes récepteurs des organes mécaniques ou chronométriques rigoureusement synchrones, sans avoir à demander à la station émettrice de fournir pour ces applications particulières aucune espèce de signaux ou de modulations de synchronisation.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Recherches expérimentales sur la dispersion de liquides polaires dans le domaine hertzien.* Note [1] de MM. **Pierre Girard** et **P. Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

Les perfectionnements apportés dans la théorie de la polarisation par les efforts successifs de Clausius-Mossoti, de Lorentz-Lorenz, de Langevin et de Debye, ont conduit ce dernier à une expression remarquable de cette polarisation en fonction de la fréquence. De cette expression on tire, dans le cas qui nous intéresse ici, d'un milieu qui renferme des dipôles permanents, la valeur de la constante diélectrique (C. D.) généralisée en fonction de la fréquence

$$\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon'', \tag{1}$$

où

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{1 + \left(\frac{\varepsilon_1 + 2}{\varepsilon_0 + 2}\right)^2 \omega^2\tau^2}, \tag{2}$$

$$\varepsilon'' = (\varepsilon_1 - \varepsilon_0)\frac{\frac{\varepsilon_1 + 2}{\varepsilon_0 + 2}\omega\tau}{1 + \left(\frac{\varepsilon_1 + 2}{\varepsilon_0 + 2}\right)^2 \omega^2\tau^2}. \tag{3}$$

Dans ces expressions, ε_1 représente la C. D. statique, ε_0 la C. D. optique,

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{KT}, \tag{4}$$

K, la constante de Boltzmann; η, la viscosité; a le rayon de la molécule.

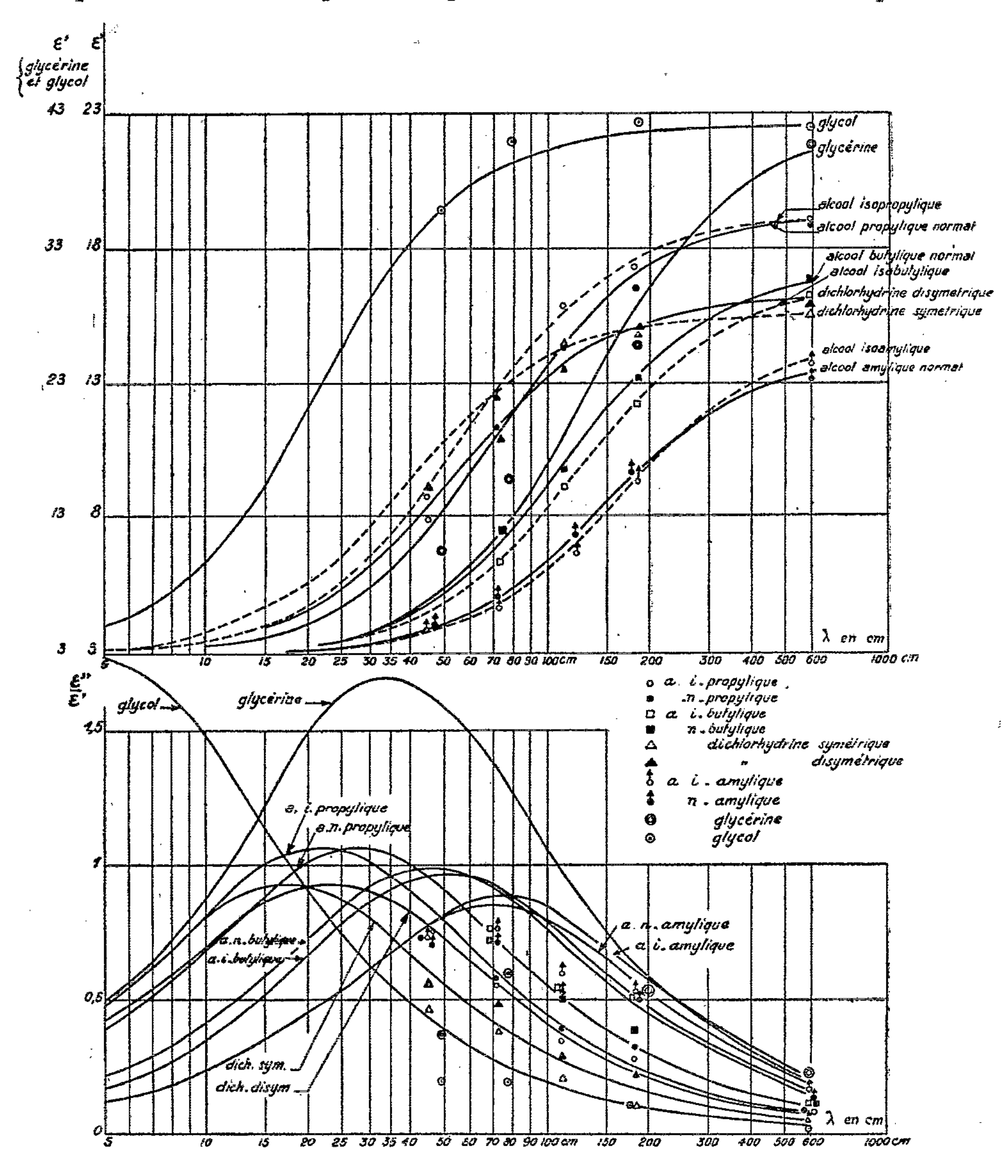
Dans les formules (2) (3) et (4) les molécules sont assimilées à des sphères sans interaction entre elles, les formes moléculaires réelles et la distribution des charges dans la molécule étant supposées sans effet. La localisation de la courbe de dispersion dans la gamme de fréquences ne dépend que de η et de a. Un premier essai de vérification expérimentale dû à Mizushima [2] paraissait pour quelques alcools confirmer la théorie de Debye, les rayons a trouvés expérimentalement concordant assez bien avec ceux donnés par la théorie cinétique.

Nous avons voulu à notre tour confronter la théorie avec les données de l'expérience, utilisant la deuxième méthode de Drude et apportant le plus

(1) Séance du 4 juillet 1932.

(2) *Scientific Papers Instit. Physic. Chem. Research*, 9, 1928, p. 209-231.

de soin possible à la détermination de l'absorption [1]. Les résultats auxquels nous sommes parvenus pour des mesures faites à la température



d'environ 20° sont représentés graphiquement sur la figure ci-dessus. Les courbes supérieures représentent ε', les courbes inférieures $\varepsilon''/\varepsilon'$.

---

[1] Nous publierons ailleurs dans le détail la technique expérimentale et la marche des calculs.

Les courbes sont calculées en prenant pour a une valeur convenable pour que les valeurs ainsi trouvées pour ε' coïncident le mieux possible avec les valeurs expérimentales. Le tableau suivant donne ces valeurs de a ainsi que les valeurs de η en unités C. G. S. pour chacun des liquides étudiés.

Corps.	η.	$a.10^8$ cm.
Glycérine	4	0,36
Glycol	0,20	0,60
Dichlorhydrine dissymétrique	0,12	1,2
Dichlorhydrine symétrique	0,085	1,3
Alcool *i*-propylique	0,025	2,1
Alcool *n*-propylique	0,025	2,2
Alcool *i*-butylique	0,037	2,5
Alcool *n*-butylique	0,029	2,5
Alcool *i*-amylique	0,046	2,6
Alcool *n*-amylique	0,040	2,7

OPTIQUE. — *Nouvelles propriétés optiques des solides et des liquides soumis à l'action des ondes ultra-sonores*. Note de MM. **P. Biquard** et **R. Lucas**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente (¹) nous avons signalé les phénomènes de diffraction de la lumière par des liquides soumis à des vibrations ultra-sonores. Quelques jours après la publication de cette Note est paru un travail évidemment indépendant, de MM. Debye et F. W. Sears (²) se rapportant aux mêmes phénomènes, en relation avec un travail théorique de M. L. Brillouin (³) relatif à l'action des ondes élastiques sur la lumière.

Nous avons voulu étendre aux solides les propriétés observées sur les liquides; l'expérience peut très bien se faire avec une lame de quartz excitée en haute fréquence sur un harmonique impair de la période fondamentale.

Dans nos expériences faites avec une lame de 15^{mm} d'épaisseur excitée sur la fréquence $9,8.10^6$ par seconde nous avons pu observer facilement six ou sept spectres de chaque côté de la frange centrale. Le quartz est, dans ces conditions, le siège d'un système d'ondes élastiques stationnaires à la différence des ondes dans les liquides lors des expériences précédentes.

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132.

(²) P. Debye et F. W. Sears, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 18, 1932, p. 409.

(³) L. Brillouin, *Ann. de Phys.*, 17, 1922, p. 88.

Les propriétés optiques d'un liquide soumis à l'action des ondes ultra-sonores présente un aspect très différent de celui déjà décrit lorsque la longueur d'onde élastique devient supérieure ou égale à environ $0^{mm},5$ et en particulier lorsque la section du faisceau lumineux est inférieure à la longueur d'onde élastique. Dans ce cas, et avec la même disposition expérimentale que celle décrite précédemment, nous avons observé un étalement du faisceau lumineux sans apparence de spectre de diffraction ni de phénomène chromatique important.

L'expérience montre que l'étalement angulaire (ordre de 1 à 2 degrés pour une longueur traversée maxima de 6^{cm}) est d'autant plus grand que l'intensité des ultra-sons est considérable, que le chemin traversé par la lumière est important et que le liquide est plus compressible. Rappelons que les spectres de diffraction décrits antérieurement avaient, sauf en ce qui concerne l'intensité des raies, une structure indépendante de ces deux facteurs.

L'explication théorique du phénomène d'étalement de la lumière peut être fixée dans ses grandes lignes ainsi qu'il suit : le milieu soumis aux ultra-sons présente une distribution de pression p de la forme :

$$p = p_0 + \delta p \sin \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{z}{V}\right),$$

p_0 pression moyenne, δp amplitude de pression, T période des ultra-sons; t désigne le temps, V la vitesse de propagation du son, z l'abscisse comptée suivant la normale aux plans d'onde ultra-sonores. A cette distribution de pression correspond une distribution d'indice de réfraction n du milieu

$$n = n_0 + \delta n \sin \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{z}{V}\right),$$

n_0 indice moyen, δn amplitude de variation d'indice.

En raison de la petite vitesse de propagation du son vis-à-vis de celle de la lumière dans le milieu considéré tout se passe (pendant le temps de la traversée du liquide) comme si la lumière cheminait dans un milieu ayant une répartition sinusoïdale de réfringence indépendante du temps. Dans ces conditions, l'existence d'un gradient de réfringence va entraîner l'existence d'une courbure des rayons limineux (phénomène de mirage). En chaque point le rayon de courbure R est donné par la relation

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{n}\frac{dn}{dz}.$$

Si l est la longueur du milieu traversé, l'angle de déviation du faisceau sera au plus égal à la valeur

$$\beta = \frac{1}{R} = \frac{1}{n}\left(\frac{dn}{dz}\right)_{\max} = \frac{1}{n}\,\delta n\,\frac{2\pi}{\lambda},$$

λ désignant la longueur d'onde des ultra-sons. La liaison entre δn et δp peut se faire soit en utilisant la loi de Lorentz-Lorenz soit celle de Glasdone et la valeur du coefficient μ de compressibilité. On trouve ainsi

$$\beta = k\,\frac{1}{\rho V^2 \lambda}\,\delta p,$$

ρ désignant la densité et k une constante. Dans le cas de l'eau $k = 1,76$ avec la relation de Lorentz-Lorenz et $k = 1,57$ avec celle de Glasdone. L'ordre de grandeur des déviations observées est en accord satisfaisant avec le calcul. Lorsque l'ouverture du faisceau (comptée suivant la propagation des ondes élastiques) est inférieure à une demi-longueur d'onde, les rayons lumineux exécutent un balayage à la fréquence des ultra-sons.

L'observation simultanée des spectres de diffraction à travers le quartz générateur d'ondes ultra-sonores et à travers le milieu ébranlé par celui-ci permet la comparaison des vitesses de propagation du son dans ces deux milieux. D'autre part l'étude de la répartition de la lumière dans chacun des deux aspects des phénomènes permet de suivre par voie purement optique l'absorption des ondes ultra-sonores.

Nous reviendrons dans un prochain Mémoire sur l'interprétation théorique des phénomènes de diffraction et en particulier sur l'existence d'un nombre élevé de spectres.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les intensités dans le spectre de fluorescence de* I_2. Note de M. **I. I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (1), nous avons signalé des termes antistokes appartenant aux séries excitées par les raies de l'arc au mercure 5770 et 5790 et qui allaient jusqu'au terme d'ordre —6. L'existence des termes —6 dans cette série posait la question des termes —3 et —4 dans la série produite par 5461 et qui manquaient sur nos plaques. Depuis, nous

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1913.

avons fait des poses avec d'autres tubes à vapeur d'iode, et nous avons constaté (dans la série excitée par 5461), avec une certaine surprise, puisque rien n'était changé dans le système d'excitation décrit ailleurs [1], la présence sur la plaque photographique du terme + 2 et faiblement, mais très nettement le terme — 4. De même, le terme — 2 (de la même série) est plus intense et plus large que la raie — 1 (ce qui n'est pas le cas sur les clichés où le terme + 2 manque). Le terme — 3 manque complètement.

En adoptant une lunette au spectrographe, nous avons pu mesurer, après l'adaptation de l'œil à l'obscurité, les longueurs d'onde des raies — 4, — 2 et + 2 : à quelques angtröms près, elles sont respectivement 5223, 5339 et 5585. Il faut des poses de 6 heures au moins pour avoir les termes — 2 et + 2 et de 24 heures au moins pour le terme — 4.

Ces résultats rappellent un article de Pringsheim [2] qui a obtenu le terme — 4 en chauffant la vapeur à densité constante à 320° C. et en excitant avec la raie élargie 5461 d'un arc en quartz fonctionnant à haute température. Il constate aussi la dépendance d'intensité entre les raies + 2, — 2 et — 4, mais il l'explique par la différence de répartition, à 20° et 320°, des molécules dans les niveaux de rotation dont prennent naissance les lignes d'absorption qui sont couvertes par la raie 5461. En ce qui nous concerne, nous avons toujours opéré à la même température : 22° ± 1. En outre, la raie verte émise par une lampe Coopper-Hewitt en verre (source que nous avons employée) n'excite pas le même nombre de raies d'absorption que la lampe en quartz utilisée par Pringsheim. Quant aux termes antistokes des séries excitées par 5770 et 5790, ils semblent moins intenses sur les clichés où les termes + 2 et — 2 de la série produite par 5461 sont intenses, que sur les clichés où ces derniers sont faibles.

En résumé, nous trouvons qu'il y a une cause commune agissant dans le même sens sur les intensités des termes — 4, — 2 *et* + 2 *de la série excitée par* 5461 *et que cette cause n'est pas la température. La répartition irrégulière de l'intensité* dans cette série est donnée d'ailleurs comme un exemple qui ne peut pas être expliqué à l'aide du principe de Franck-Condon. Lenz [3] a essayé de donner une interprétation théorique en calculant la perturbation qu'apporte la vibration des noyaux au mouvement de l'électron

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1338.
(2) P. Pringsheim, *Zeits. f. Phys.*, 7, 1921, p. 206.
(3) Lenz, *Zeits. f. Phys.*, 25, 1924, p. 303.

optique. Plus récemment, la mécanique ondulatoire cherche l'explication de ce phénomène dans l'action des maxima partiels des fonctions propres des différents états de vibration. [Dans les nombres donnés par Weizel (1) pour caractériser les intensités dans la série produite par 5461, nous croyons qu'il y a une erreur dans les données qui concernent les termes + 3 et + 4 qu'il caractérise respectivement par (3) et (8); nous avons trouvé toujours + 3 beaucoup plus intense que + 4].

Il nous semble que dans le calcul de l'intensité il faudrait tenir compte de la perturbation qu'apporte le phénomène d'absorption et de réémission dans la distribution initiale des molécules dans l'état non excité.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur l'acide succinique α-méthoxy-β-hydroxy, ses complexes avec le cuivre et leur dichroïsme circulaire.* Note de M. **Joseph Giuntini**, présentée par M. Ch. Fabry.

On se propose de montrer le rôle important des deux fonctions alcool de l'acide tartrique dans la formation des complexes avec le cuivre. J'ai pour cela, préparé le corps qu'Haworth (2) avait réalisé en 1915. On a opéré d'une manière un peu différente de l'auteur et initialement on a formé le tartrate de soude qu'on a méthylé. On a alors vérifié que le corps obtenu possédait la composition, le point de fusion et l'acidité du corps

$$COOH - CHOCH^3 - CHOH - COOH.$$

On a étudié l'action de cet acide sur l'oxyde de cuivre. Par sa formule, il ressemble à l'acide malique dont il ne diffère que par un groupement $CHOCH^3$ à la place d'un groupe CH^2, on a donc été amené à comparer les composés formés à ceux de l'acide malique et l'on a trouvé certaines analogies de couleurs et de fonctions. Cette étude a été faite par la méthode employée par M. Darmois (3) pour les malates de cuivre. La dissolution de l'hydrate de cuivre $Cu(OH)^2$ se fait à froid, on n'arrive seulement qu'à dissoudre 1,5 de $Cu(OH)^2$ pour une molécule d'acide.

L'étude du pouvoir rotatoire des différentes liqueurs obtenues a donné les résultats suivants. Le tableau indique pour 1/1000 de molécule de

(1) Weizel, *Bandenspektren*, p. 380.
(2) *J. Chemical Society of London*, 107, 1915, p. 15.
(3) *J. de Phys.*, 4e série, 5, 1924, p. 225.

l'acide préparé la quantité $x/1000$ de $Cu(OH)^2$ dissoute dans 100^{cm^3}. La concentration c est comptée en (CuO + acide) :

$x = 0,5$; $c = 0,2035$.

	λ(Å) 4358.	5461.	5780.	6708.	7000.	7200.
[α]........	+167,7	+132,6	+127,4	+148	+172,4	+148
α..........	+ 0,34	+ 0,27	+ 0,26	+ 0,30	+ 0,35	+ 0,30
φ..........	0	0	0	− 0,05	− 0,04	0

$x = 1$; $c = 0,243$.

[α]........	+283,9	+242	+251	+283
α..........	+ 0,69	+ 0,59	+ 0,61	+ 0,69
φ..........	0	0	0	− 0,06

$x = 1,5$; $c = 0,285$.

[α]........	+259,6	+200	+193	+245	+280,7	+224,5
α..........	+ 0,74	+ 0,57	+ 0,55	+ 0,70	+ 0,80	+ 0,64
φ..........	0	0	− 0,02	− 0,11	− 0,19	− 0,10

Les mesures sont faites sous 10^{cm} pour les trois radiations du mercure et rapportées à 10^{cm} pour les autres longueurs d'onde. Le dichroïsme circulaire est sinistrorsum; toutes les dispersions rotatoires sont anomales. Cette étude montre l'existence de deux composés (pour 1 de CuO et pour 1,5 de CuO).

On voit donc l'importance du rôle joué par les deux fonctions alcool de l'acide tartrique puisque si l'on en bloque une on ne peut arriver à former le complexe TCu^2 dont on a montré l'inexistence [1]; et qu'en saturant l'acide succinique α-méthoxy-β-hydroxy par l'oxyde de cuivre (1 acide + 1,5 CuO) on forme un composé analogue au malate basique de cuivre. Il cristallise comme celui-ci en cristaux bleu vert très intenses sa dispersion rotatoire et son dichroïsme circulaire sont comparables en se reportant aux résultats Olmstead [2].

Cette étude porte à croire que le radical $(TCu^2T)^{----}$ qui doit exister dans les complexes de l'acide tartrique et du cuivre, a ses atomes de cuivre liés directement aux carbones asymétriques par une liaison où les fonctions alcool jouent un rôle essentiel. Dans le malate basique de cuivre la liaison serait probablement différente puisque le dichroïsme circulaire est au moins cinq fois plus petit. Cette interprétation rend compte aussi du fait que le

(1) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 778.
(2) *Phys. Rev.*, **35**, 1912, p. 42.

dichroïsme circulaire du corps TCu^2 est comparable à celui du produit $TCuNa^2$ décrit par de Mallemann et Gabiano [1].

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la séparation du plomb d'avec le zinc par voie électrothermique*. Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il existe des minerais ferrugineux assez riche en zinc et en plomb sur lesquels la flottation sélective est sans action appréciable [2]. Le traitement de ces minerais par les procédés en faveur (water-jacket ou four rotatif) ne donne pas de résultats satisfaisants.

La fusion au water-jacket oblige pour avoir des scories fusibles à engager tout le zinc dans la scorie, donc à le perdre; la distillation dans le four rotatif tend à détruire son revêtement réfractaire, par suite de la présence d'oxyde de plomb en trop grande quantité. Il s'ensuit que, malgré le coût élevé d'énergie électrique et d'électrodes, le traitement électrothermique de tels minerais n'est pas forcément prohibitif, si l'on parvient à séparer le plomb du zinc et qu'on ne perde pas les autres métaux généralement présents : or, argent, cuivre, nickel.

Les expériences que j'ai entreprises à ce sujet ont révélé la grande complexité du problème.

Le four électrique utilisé avait une puissance de 300 kW; son revêtement était en chromite, il était muni de deux chambres de condensation chaude et froide, cette dernière avec une abondante injection d'eau pour favoriser la précipitation de la poudre de zinc.

Je donne à titre d'exemple les résultats d'une fusion réductrice exécutée sur 40 tonnes environ d'un produit dont la composition ainsi que celle des produits obtenus après la fusion sont indiquées dans le tableau ci-après :

		Ag.	Pb.	Zn.	Cu.	Fe.	S.
Composition du produit fondu pour 100....		0,79	51,2	8,3	5,5	6,4	2,7
Composition des matières obtenues après la fusion.	Plomb d'œuvre..	3,05	88,5	0,2	4,0	–	0,70
	Poussière de zinc.	0,10	24,6	40,3	0,2	–	3,20
	Matte..........	0,12	4,0	6,5	25,0	12,4	17,4
	Scorie..........	–	1,5	2,5	–	14,0	–

(1) DE MALLEMANN et P. GABIANO, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 350.

(2) Les marmatites de Pierrefitte en fournissent un exemple connu. Ces minerais plombo-zincifères sont susceptibles d'être enrichis par des procédés mécaniques, mais restent rebelles à la séparation des sulfures de plomb et de zinc par la flottation sélective.

Ainsi ce minerai riche a donné après la fusion quatre produits distincts :

a. Sur la sole du four, on trouve du plomb avec la presque totalité de l'argent contenu primitivement dans le minerai. C'est du bon plomb d'œuvre à purifier par les procédés habituels.

b. Au-dessus du plomb s'accumule de la matte qui rassemble la majeure partie du cuivre, du nickel, etc. Ce sous-produit peut être retraité en vue de la récupération de ces métaux chers.

c. Dans les chambres de récupération, nous trouvons de la poussière de zinc mêlée de sulfure de plomb en poudre très fine. Cette poussière est toute prête pour la dissolution dans SO^4H^2 en vue de l'électrolyse du zinc.

d. Enfin, la scorie entraîne de petites quantités de Pb et de Zn. Les pertes ainsi occasionnées sont négligeables. Pour s'en convaincre, on examinera le tableau de partage du plomb et du zinc, dans les produits de la fusion, les quantités de ces métaux existant primitivement dans le minerai sont comptées pour 100.

	Plomb d'œuvre.	Poussières.	Matte.	Scorie.
Plomb	70	26	2,4	1,6
Zinc	0	83	9	8

De ces expériences et d'autres exécutées sur des minerais différents comme nature et richesse en Pb et Zn, je suis arrivé aux conclusions suivantes :

1° La voie électrothermique permet de réduire au minimum les pertes des divers métaux dans la scorie et donne des produits intermédiaires susceptibles d'être immédiatement soumis au raffinage (plomb d'œuvre, matte, poussière de zinc).

2° La proportion de plomb entraînée avec le zinc dans les chambres de condensation est fonction de la quantité de soufre laissée dans le minerai après son grillage. Plus il y a de soufre dans le minerai, plus il y aura de sulfure de plomb qui distillera avec le zinc. Ce sulfure de plomb ne gêne d'ailleurs en rien la préparation de l'électrolyte SO^4Zn.

3° La quantité de soufre qu'on doit laisser dans le minerai lors de son grillage dépend de la teneur en cuivre et en fer, car le soufre sert à rassembler ces métaux dans une matte. En l'absence du soufre, une distillation poussée du zinc donne lieu à la formation de « loups » de fer qui se déposent sur la sole du four et gênent sa marche normale.

4° La présence des sulfates est préjudiciable au bon fonctionnement du four, notamment à cause de la consommation exagérée des électrodes.

5° Les consommations d'énergie et d'électrodes dépendent surtout de la quantité de zinc à distiller. Ainsi, dans l'exemple cité plus haut (à 8,3 pour 100 de Zn), le traitement d'une tonne de minerai a exigé 800 kWh et et 8^{kg} d'électrodes; avec un minerai où la teneur en Zn était voisine de 24 pour 100, les consommations ont été 1 200 kWh et 15^{kg} par tonne traitée.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Étude de l'isomérie cis-trans dans le cas des carbures éthyléniques de formule* $CH^3 - CH = CH - R$. Note de M. **M. Bourguel**, Mlle **B. Gredy** et M. **L. Piaux**, présentée par M. Matignon.

Dans une précédente Note (¹), l'un de nous a exposé les influences de diverses substitutions sur les fréquences caractéristiques de la liaison éthylénique, et plus particulièrement sur la fréquence voisine de 1 600 cm^{-1}, dans le cas des dérivés monosubstitués, de formule générale $CH^2 = CH - R$.

Dans le cas des carbures disubstitués de formule générale

$$CH^3 - CH = CH - R,$$

le problème se complique du fait de l'apparition de l'isomérie cis-trans; c'est ainsi qu'on a pu, par exemple, isoler deux butènes-2 isomères (²). Il nous a semblé intéressant de rechercher les répercussions éventuelles de cette forme d'isomérie sur les fréquences Raman dues à la double liaison.

Le même problème avait déjà été étudié, soit sur des dérivés halogénés, soit sur les acides éthyléniques et leurs éthers (³) sans que l'on puisse relever de différences régulières d'un isomère à l'autre, pour la fréquence voisine de 1600. Dans le cas des deux dibrométhylènes, dont l'isomérisation a pu être suivie dans le temps par l'étude des spectres Raman, et malgré des différences considérables pour les autres raies du spectre, les auteurs précisent (⁴) que la raie caractéristique de la double liaison, de fréquence 1600 environ, est la même pour les deux isomères.

Ayant préparé le pentène-2 par déshydratation, d'une part du pentanol-2 sur alumine, d'autre part du pentanol-3 par l'acide phosphorique,

(¹) Bourguel, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1736.

(²) Wislicenus, Talbot et Henze, *Lieb. Annalen*, 313, 1900, p. 228.

(³) F. K. W. Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, p. 325.

(⁴) Conrad-Billroth, Kohlrausch et Pongratz, *Zeitschrift für Physikal. Chemie*, 17, 1932, p. 233.

nous avons observé dans les spectres de ce carbure deux raies, de fréquence 1658 et 1674, dont les intensités relatives n'étaient pas les mêmes pour les deux échantillons. Nous avons été ainsi amenés à étudier systématiquement le phénomène sur une série de carbures.

Les carbures *cis* ont été obtenus *purs* par semi-hydrogénation catalytique, au moyen du palladium colloïdal sur amidon, des carbures acétyléniques correspondants, suivant la méthode décrite antérieurement par l'un de nous (¹). Les mélanges *cis-trans* ont été préparés, soit par déshydratation d'un alcool secondaire, soit par fixation de brome sur le carbure *cis* et traitement ultérieur par le zinc, soit par action de l'iode sur le carbure *cis*, soit encore, pour le propénylbenzène, par isomérisation par la potasse du carbure 1-éthylénique correspondant. Nous n'avons pas pu préparer les carbures *trans* à l'état pur, et leurs spectres sont obtenus, en quelque sorte, par différence. Les résultats sont les suivants :

Pentène-2 *cis*	1248-1266 bande aF	1375 raie f	1658 raie F
Pentène-2 *trans*	1298-1313 bande aF	1378 raie aF	1674 raie F
Octène-2 *cis*	1256 bande aF l.	1376 raie f	1658 raie F
Octène-2 *trans*	1305 bande aF	1379 raie aF	1673 raie F
Nonène-2 *cis*	?	?	1658 raie F
Cyclohexyl-6-hexène-2 *cis*	1260 bande aF	?	1657 raie F
Phényl-1-propène-1 *cis*	1192 bande aF	1373 raie f	1642 raie F
Phényl-1-propène-1 *trans*	1210 bande aF	1378 raie aF	1664 raie F

Le groupe de trois raies ou bandes signalées pour les dérivés 1-éthyléniques est représenté ici par : une raie forte à 1658(*cis*)-1674(*trans*) dans les carbures de la série grasse ou substitués loin de la double liaison; cette raie tombe à 1642(*cis*)-1664(*trans*) lorsque l'on introduit un radical phényle au voisinage immédiat de la liaison $C=C$, ce qui correspond à l'influence déjà signalée de ce radical (*voir* 1).

Une bande large assez forte, vers 1255-1260 pour les carbures *cis*, vers 1300 pour les carbures *trans*, tombant à 1192-1210 pour les deux propénylbenzènes;

Une raie fine vers 1373, faible, dans les carbures *cis*, qui devient assez forte et passe à 1378 dans les carbures *trans* et n'est pas influencée par la proximité d'un groupe phényle.

Il est remarquable que la fréquence principale des carbures *cis* gras soit

(¹) Bourguel, *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 1476.

presque identique à celle du cyclohexène qui est de 1655, tandis que celle des carbures *trans* s'approche de celle du triméthyléthylène, qui est de 1679. Nous voyons là un argument en faveur de la théorie stéréochimique classique de l'isomérie *cis-trans-*.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la nature complexe des ions du polonium.* Note de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. J. Perrin.

Les expériences sur l'électrolyse du polonium dans la soude [1] ont montré l'intérêt de la détermination du signe de la charge des ions du Po dans ce milieu. J'ai effectué cette vérification en déterminant le sens de migration des ions dans un champ électrique. J'ai en même temps étendu la recherche aux diverses solutions acides du polonium.

Le dispositif expérimental utilisé est constitué par un tube en U du type que l'on emploie parfois aux mêmes fins en chimie colloïdale. La partie inférieure, horizontale, du tube, de 38^{cm^3}, contenant l'électrolyte et le Po, est séparée par deux robinets des branches verticales où se trouve le même électrolyte sans polonium. La distance entre les robinets et les électrodes, constituées par des fils de Pt, était de 5^{cm}. Pour éviter des courants de convection j'ajoutais au liquide inférieur de 2 à 3^{cs} de $NaNO^3$ ou d'un sel alcalin ayant un ion commun avec l'acide (KNO^3, K^2SO^4, etc.) ou bien, dans le cas des acides oxalique et tartrique, j'augmentais la concentration de l'électrolyte inférieur par rapport à celle des tubes verticaux. La différence de potentiel appliquée aux électrodes variait dans mes expériences de 10 à 100 volts suivant la résistance de l'électrolyte et était choisie dans chaque cas de telle sorte que le liquide ne s'échauffe pas et que le dégagement gazeux ne produise pas de courants de convection. L'intensité du courant était en moyenne de 0,025 ampères, la durée d'une expérience d'une à deux heures. Des essais préliminaires ont montré que la quantité de polonium arrivée pendant ce temps aux électrodes et déposée sur celles-ci est, dans les conditions expérimentales décrites, trop faible pour introduire des causes d'erreurs appréciables dans l'évaluation du rapport des quantités du polonium contenues dans les compartiments latéraux. Ces quantités sont données, en unités arbitraires, ci-après :

---

(1) M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, 194, 1931, p. 275 et 1917.

Électrolyte.	Po transporté vers la cathode.	Po transporté vers l'anode.	Po transporté vers la cathode/l'anode.
NaOH 0,15n + $NaNO^3$	2	355	0,006
» 0,35n »	9,6	203	0,047
» 0,50n »	3,0	132	0,020
» 1,25n »	0,0	127	0,00
HNO^3 0,1 n + KNO^3	31,5	5,3	6,0
» 0,2 n »	41,7	18,1	2,3
» 0,4 n + KNO^3 0,3n	12,1	13,8	0,87
» 0,4 n » 0,9n	6,1	17,2	0,35
» 1,0 n + KNO^3	7,7	37,7	0,20
» 2,2 n »	5,8	201,2	0,03
» 5,3 n »	2,0	40	0,05
H^2SO^4 0,1 n + K^2SO^4	4,8	3,7	1,3
» 0,5 n »	1,5	2,8	0,53
» 2,2 n »	5,2	12,4	0,42
» 5,0 n »	5,2	2,7	1,9
Acide chromique 1,5n + bichromate	11,6	23,2	0,5
H^3PO^4 1,3n + Na^2HPO^4	1,6	12,8	0,12
CH^3COOH 0,5n + CH^3COONa 0,5n	0,8	10,2	0,08
» 0,5n » 2n	0,2	8,1	0,025
Acide tartrique 1,3n	14,8	29,6	0,5
Acide oxalique 0,5n	0,4	86	0,005
» 1,3n	0,0	214	0,00

Les quantités absolues de polonium transporté vers les électrodes dans les diverses expériences ne sont pas directement comparables, car pour des raisons techniques la quantité de polonium utilisé, l'intensité du courant et la durée de l'expériences n'étaient pas toujours identiques. Ces valeurs ne sont donc données qu'à titre d'indication. Par contre, on tire nettement des rapports établis dans la dernière colonne du tableau les conclusions suivantes :

Dans la soude de concentration 0,15 n et au-dessus, tout le polonium est pratiquement à l'état d'anion [polonite (?) de soude]. Ce résultat est donc en faveur de l'hypothèse que j'avais émise, dans la Note précédente, sur le mécanisme du dépôt cathodique en milieu alcalin.

Dans les acides nitrique et sulfurique *dilués*, le polonium migre principalement vers la cathode, mais en faisant augmenter la concentration de l'acide (ou même seulement celle de l'anion par addition du sel correspondant) la migration anodique devient prépondérante et, dans le cas de l'acide nitrique, quasi totale. Le polonium migre également de préférence

vers l'anode dans les autres acides examinés. Il s'ensuit que le polonium forme avec tous les anions étudiés des complexes, peut-être instables, dont l'importance varie avec la concentration de ceux-là ([1]). En particulier, dans les acides nitrique, acétique et phosphorique concentrés, la partie prédominante et dans l'acide oxalique pratiquement la totalité du polonium est combinée avec l'anion, par exemple sous forme de $Po(NO^3)^{6--}$ (avec Po tétravalent et indice de coordination 6), $Po(C^2O^4)^{3---}$, (Po trivalent, coordination 6) ([2]). Paneth et Benjamin ([3]), par la même méthode, et Guillot ([2]), par la méthode d'entraînement et de syncristallisation, ont obtenu le même résultat pour le chlorure de polonium.

Il semble donc que la tendance du polonium à s'hydrolyser est un cas particulier de sa tendance à former des complexes. Il est remarquable que cette capacité est manifestée même vis-à-vis d'un anion d'une électro-affinité aussi forte que celle de NO^{3-}. Ceci est un argument en faveur de la noblesse élevée du polonium ([4]) et montre que *la chimie de cet élément est essentiellement une chimie de complexes.*

Je reviendrai ailleurs sur la signification de ces résultats pour la compréhension des processus électrolytiques du polonium en milieu acide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Surface de trouble du système eau-alcool-éther à basse température.* Note ([5]) de M. **A. Lalande**.

La zone de démixtion des mélanges d'eau, d'alcool et d'éther a été étudiée à + 25°, + 17°,5, + 15° et 0° ([6]). Nous en avons étendu la détermination vers les basses températures, jusqu'à sa limite inférieure.

Produits employés. — L'alcool utilisé a déjà fait l'objet d'une Note ([7]). La purification de l'éther, appliquée au produit commercial « pur » se terminait par deux rec-

([1]) L'anomalie présentée par de très fortes concentrations de l'ion SO_4^{--} est probablement due au fait que les complexes formés avec cet acide sont hydratés.

([2]) M. Guillot, *Journ. Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 117.

([3]) *Zeits. f. Elektroch.*, 31, 1926, p. 575.

([4]) Abegg et Bodländer, *Zeits. f. anorg. Chem.*, 20, 1898, p. 474; Urbain et Sénéchal, *Introduction à la Chimie des complexes*, Paris, 1931, p. 110-118.

([5]) Séance du 4 juillet 1932.

([6]) Bonner, *J. Phys. Chim.*, 14, 1910, p. 738; Corliss, *ibid.*, 18, 1914, p. 681; Desmaroux, *Mémorial des Poudres*, 19, 1922, p. 369.

([7]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 406.

tifications successives sur de l'anhydride phosphorique. Le liquide résultant qui distillait à point fixe était complètement transparent dans l'ultraviolet. Exempt d'aldéhydes et de peroxydes, il admettait pour densité $d_4^{25} = 0,7077_8 + 0,0000_6$ et pour température d'ébullition P. É. sous 760^{mm} : 34°,60 ± 0,01. Examiné avec un ébullioscope différentiel à déphlegmateur de Swietoslawski, l'écart entre les températures lues n'excédait pas 0°,005.

Isothermes de trouble. — Nous avons employé un cryostat au 1/10°. Une cassure dans la courbe des densités prises à une température donnée $t°$, le long d'une droite joignant l'un des sommets eau ou éther (*fig.* 1) à un point

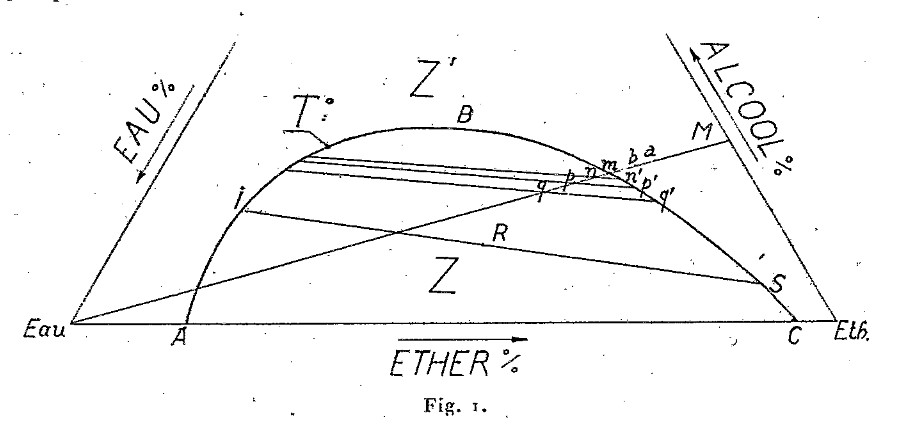


Fig. 1.

M du côté opposé, détermine la composition du point de trouble *m*.

Nous avons ainsi construit à 0° la courbe de trouble et à —15° la branche d'isotherme relative aux mélanges légers (voir Tableaux I et II) :

I. — *Isotherme de trouble à* 0°.

Eth. °/₀ en poids.	10,5	11,0	17,3	29,4	39,3	48,2	58,0	$66,1_5$	74,7	82,9	93,3
Alc. °/₀ en poids.	8,7	18,6	25,3	$27,7_5$	27,8	26,8	24,0	$20,8_5$	16,0	11,2	4,1

II. — *Isotherme de trouble à* —15°.

Éth. °/₀ en poids....	$91,3_8$	$83,3_0$	$82,3_0$	$77,1_5$	$66,0_1$	$55,6_5$	$46,9_5$	$41,4_0$
Alc. °/₀ en poids....	$5,8_2$	$11,3_5$	$11,8_6$	$14,9_5$	$20,8_4$	$24,6_5$	$26,9_5$	$27,6_0$

Partant de complexes synthétiques R (*fig.* 1) situés dans la zone de démixtion, on dosait par voie chimique l'éther contenu dans les deux couches L et S en équilibre à —15°. Ces analyses jointes aux résultats du Tableau II déterminaient complètement la courbe de trouble à —15° et les droites de conjugaison (voir Tableau III) :

III. — *Couches conjuguées à — 15°.*

Complexe.			Couche supérieure.			Couche inférieure.		
Éth. %.	Alc. %.	Eau %.	Éth. %.	Alc. %.	Eau %.	Éth. %.	Alc. %.	Eau %.
41,0	14,3	54,7	87,0	8,7	4,3	12,2	$17,8_5$	$69,9_5$
$54,4_5$	$16,1_5$	29,4	79,6	13,5	6,8	12,9	20,5	66,6
40,7	21,0	38,3	71,0	18,4	10,6	15,1	23,2	61,7
47,6	30,7	21,7	66,7	20,4	12,9	16,0	23,9	60,1
36,8	26,2	37,0	52,5	25,7	21,8	22,3	26,7	51,0
34,1	27,3	38,6	22,3	26,7	51,0	25,1	27,3	47,6

Intersection des surfaces de trouble et de cristallisation : ligne des points quadruples. — On réalise une série de mélanges par addition de quantités variables d'éther à un même mélange hydro-alcoolique, et l'on détermine leurs températures de congélation commençante; la courbe représentative, tracée en fonction du taux en éther est constituée de deux branches : la première appartient à la surface de cristallisation et au plan vertical qui cor-

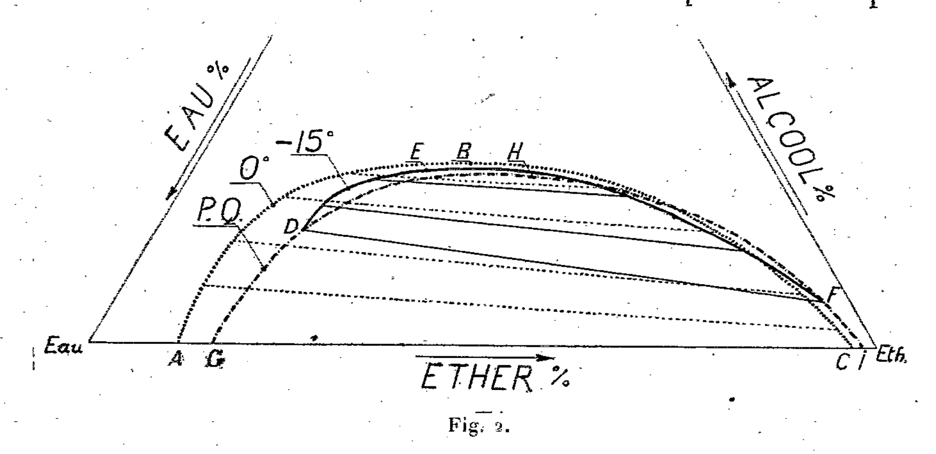


Fig. 2.

respond à une valeur constante du rapport alcool/eau; la deuxième est la projection sur ce plan de la ligne quadruple. Leur intersection définit un point quadruple (voir Tableau IV).

IV. — *Ligne des points quadruples.*

Éth. % en poids..	12,8	$12,6_5$	$12,3_5$	12,2	14,2	23,5	33,8	$45,6_5$	$83,2_5$	85,6	96,8	$99,1_5$
Alc. % en poids..	0,0	4,0	7,8	14,2	20,8	27,0	27,4	$26,9_5$	22,2	9,8	1,7	0,0
t°C. (mercure)...	$-3,7_5$	$-5,9_5$	$-8,4_0$	$-12,8_6$	$-17,9_5$	$-21,5_0$	$-21,6_5$	$-21,5_0$	$-20,6_5$	$-16,5_0$	$-8,0_0$	$-3,7_5$

Résultats. — La figure 2, représente les positions relatives des courbes précédentes.

Entre 0° et —3°,78, les isothermes de trouble s'appuient à leurs extrémités sur les courbes de trouble du système eau-éther. Au-dessous de —3°,78, on n'observe plus pour le mélange binaire, de doubles couches liquides en équilibre. Les courbes trouvent leur origine sur la courbe des points quadruples. L'aire de la zone de démixtion va en diminuant jusqu'à — 21°,60 où elle disparaît. Les complexes hétérogènes que l'on peut observer aux températures inférieures ne comprennent qu'une phase liquide en équilibre avec des phases solides.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'autoxydation de l'huile de paraffine.* Note de M. **Georges Arditti**, présentée par M. Henri Le Chatelier.

Nous avons poursuivi nos recherches sur les conditions d'oxydation de l'huile de paraffine par barbotage d'oxygène à 130°, en étudiant l'influence de catalyseurs sur la durée de la période d'induction qui précède l'oxydation. Cette action a été suivie par la mesure du taux d'acides gras, à l'aide de la méthode stalagmométrique de M. René Dubrisay (¹). Chaque série d'expériences comprenait un flacon témoin, renfermant de l'huile sans catalyseur.

Première série d'expériences. — Les catalyseurs étudiés ont été le phénol, l'aniline, l'hexadécène à la dose de 1 pour 100 et l'anthraquinone à la dose de 0,5 pour 100. Les résultats sont consignés dans le Tableau I.

Tableau I.

Nombre de centimètres cubes correspondant à l'écoulement de 10 gouttes de soude N/200.

Durée du barbotage (en heures).	Témoin.	Phénol.	Aniline.	Hexadécène.	Anthraquinone.
0	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
2,5	–	–	–	–	2,10
3,5	2,25	2,30	2,30	2,30	1,70
4,5	2,20	2,30	2,30	2,30	1,20
5,5	–	–	–	–	0,25
6,5	1,70	2,20	2,00	2,00	–
7,5	0,80	2,10	1,60	1,60	–
8,5	–	1,90	–	–	–
10,5	–	0,60	–	–	–

(¹) René Dubrisay, *Annales de Chimie*, 9, 1918, p. 25.

On voit que l'aniline et l'hexadécène augmentent la durée de la période d'induction. Le phénol agit dans le même sens, mais de façon plus notable [1]. L'action de l'anthraquinone est inverse.

Deuxième série d'expériences. — Nous avons étudié précédemment [2] l'influence de certains métaux pris sous forme de fils (présentant la même surface). Parmi ces métaux, le cuivre et le nickel favorisent particulièrement l'oxydation. Nous avons étudié l'action de ces métaux lorsqu'on les utilise à l'état pulvérulent, ainsi que l'action de leurs oxydes CuO et NiO et de l'oxyde de fer Fe^2O^3. Les résultats, exprimés en centimètres cubes correspondant à l'écoulement de 10 gouttes de soude N/200, sont consignés dans le Tableau II. Les catalyseurs ont été utilisés à la dose de 0,5 pour 100.

TABLEAU II.

Durée du barbotage (en heures).	Témoin.	Cuivre.	Nickel.	CuO.	NiO.	Fe^2O^3.
0	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
1,5	2,35	0,90	1,20	–	–	–
2	2,30	–	–	2,20	0,60	2,25
2,5	2,30	–	0,1	–	–	–
4	2,20	–	–	1,90	–	2,20
5	2,00	–	–	1,60	–	2,10
6	1,80	–	–	–	–	2,10
8	–	–	–	–	–	2,00
10	–	–	–	–	–	1,20

Comme il était à prévoir les métaux pulvérulents sont bien plus actifs que les métaux sous forme de fils. Il est à signaler que si le cuivre métallique est plus actif que le nickel, l'oxyde de nickel a une action plus marquée que l'oxyde de cuivre. L'oxyde ferrique retarde nettement le début de la réaction.

Nous avons recherché l'influence de l'eau sur la durée de la période d'induction. Dans un ballon renfermant de l'huile saturée d'eau, on a fait barboter, à 130°, un courant d'oxygène passant préalablement dans un laveur à eau. Un ballon-témoin renfermait de l'huile desséchée sur du sulfate de sodium anhydre. Pour l'huile saturée d'humidité, la période d'induction a été de l'ordre de 11 heures, tandis que, pour l'huile sèche, elle a été de l'ordre de 5 heures.

---

[1] A rapprocher de l'action antioxygène signalée par MM. Moureu et Dufraisse (*Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 624, et **183**, 1926, p. 408).

[2] GEORGES ARDITTI, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 589.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations du potentiel du fer électrolytique avec le* pH *du milieu*. Note de MM. **A. Travers** et **J. Aubert**, présentée par M. Matignon.

Au cours d'une étude sur la passivité et l'activité du fer, nous avons été surpris de constater que le potentiel du fer *électrolytique*, placé dans une solution normale d'un acide *non oxydant*, tel que ClH, SO^4H^2, PO^4H^3, ClO^4H, est moins négatif que dans une solution de sulfate de soude, bien que l'attaque du métal en milieu acide soit très nettement visible.

Par exemple, on trouve comme valeurs *limites* du potentiel dans les milieux précédents $-0^v,51$ à $-0^v,52$ (rapporté à l'électrode au calomel avec KCl saturé), alors que dans le sulfate de soude à 1 pour 100 on a, comme valeur limite, $-0^v,730$. On pouvait se demander si cet accroissement du potentiel du fer n'était pas dû à une polarisation par l'hydrogène dégagé. L'addition à la cellule électrolytique de dépolarisants tels que MnO^2, additionné ou non de charbon actif, n'entraîne aucune modification du potentiel.

Les faits observés peuvent s'interpréter simplement dans l'hypothèse que le potentiel du fer dans une solution *désaérée* est fonction du pH, c'est-à-dire qu'il est d'autant moins négatif que le pH est moins élevé, et inversement. C'est ce que l'expérience vérifie.

Plaçons une électrode de fer électrolytique dans une solution de SO^4Na^2 à 1 pour 100, préalablement *désaérée* par barbotage prolongé de plusieurs heures d'un courant d'hydrogène *pur*, exempt d'oxygène, et continuons à faire passer l'hydrogène autour de l'électrode; on observe un potentiel limite plus négatif ($-0^v,78$) que dans la solution aérée ($-0^v,73$). Dans une lessive alcaline normale, *exempte de* CO^2, également désaérée, et en atmosphère d'hydrogène, on trouve un potentiel limite de $-1^v,05$.

Le potentiel devient donc plus négatif quand le pH augmente, mais l'électrode à hydrogène ainsi formée ne se comporte pas comme une électrode réversible : s'il en était ainsi, une variation de pH de sept unités (de 0 à 7 par exemple), correspondant au passage du milieu acide normal au milieu neutre, entraînerait une variation de potentiel de :

$$-7 \times 0^v,058 = -0^v,406,$$

c'est-à-dire on devrait trouver dans le sulfate de soude

$$(-0^v,52 - 0^v,406) = -0^v,926,$$

alors qu'on trouve seulement $-0^v,78$.

On sait que l'électrode normale à hydrogène est constituée non par du platine poli, mais par du platine platiné ; dans cet ordre d'idées, il serait évidemment intéressant d'utiliser une électrode de fer recouverte de fer réduit ; mais nous n'avons pas réussi à obtenir un dépôt adhérent de fer.

Nous remarquerons toutefois qu'une électrode de fer, prise quelques minutes comme cathode d'un voltamètre, puis retirée du circuit, donne *immédiatement* un potentiel de :

$-0^{v},91$ dans SO^4Na^2 à 1 pour 100.
$-1^{v},14$ dans NaOH.N,

valeurs certainement moins négatives que les valeurs vraies, car la suractivité de l'électrode ainsi obtenue ne dure que quelques *secondes*, et le potentiel du métal remonte rapidement.

Ces derniers chiffres se rapprochent très sensiblement de ceux que donne le calcul d'après la formule de Nernst. Le potentiel du fer dépend donc bien, comme le suppose Foerster (¹), « de la teneur en hydrogène qu'il est capable de prendre », la saturation étant atteinte quand l'hydrogène utilisé est l'hydrogène cathodique, atomique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action du molybdène sur les propriétés mécaniques des fontes grises.* Note de MM. **Jean Cournot** et **Jean Challansonnet**, présentée par M. Léon Guillet.

Dans une Note précédente (²) nous avons montré comment les additions de molybdène modifient la teneur en carbone libre d'une fonte grise d'analyse :

Ct = 3,6 pour 100, Si = 2,30, Mn = 1,4, S = 0,03. P = 0,07,

et souligné que, toutes choses restant égales par ailleurs [composition chimique en éléments normaux, températures de coulées (1400°), loi du refroidissement après coulée], il fallait atteindre 2,9 pour 100 de molybdène pour voir apparaître les premières traces de cémentites complexes. De plus, au-dessous de cette dose critique de molybdène les fontes ont une graphitisation primaire indépendante de la vitesse de refroidissement après coulée : en effet les moulages minces ou épais accusent les mêmes dosages de carbone libre.

Étude des propriétés mécaniques. — E. K. Smith et H. C. Aufderhaar (³) et l'un

---

(¹) *Electrochemie wässeriger Lösungen*, Leipzig, 1922, p. 224.

(²) *Sur la graphitisation primaire des fontes au molybdène* (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 46).

(³) E. K. Smith et H. C. Aufderhaar, *Iron Age*, **124**, 1929, p. 1507-1509.

de nous (¹) ont mis en vue les importantes améliorations des propriétés mécaniques des fontes grises par additions de molybdène ne dépassant pas 3 pour 100. D'après les auteurs anglais, la dureté d'une fonte ordinaire de moulage, d'analyse :

Ct = 3,3 pour 100, Si = 2,20, Mn = 0,50, P = 0,37, S = 0,6,

croît linéairement avec les additions de molybdène, tout au moins jusqu'à 3 pour 100 de celles-ci. Les accroissements de résistances au cisaillement et à la traction atteignent une valeur maximum de 60 pour 100, quand l'addition de molybdène est de 1,5 pour 100.

Nous avons repris la question en ajoutant des doses variées de molybdène à :

1° Une fonte mécanique médiocre de structure ferritique avec peu de perlite et un graphite en lamelles développées.

2° Une fonte perlitique résistante ne présentant pas de ferrite de première consolidation, dont la composition chimique après seconde fusion est

Ct = 3,25 pour 100, Si = 1,4, Mn = 0,38, S = 0,08, P = 0,21.

Les alliages du tableau suivant ont été élaborés au four à induction à haute fréquence en creuset silico-alumineux, à partir de fontes de première fusion convenablement choisies et d'une fonte mère à 20 pour 100 de molybdène préparée elle-même avec un ferro-alliage à 62 pour 100 de molybdène et 0,1 pour 100 de carbone.

Elles ont été coulées en sable préalablement étuvé, sous forme de jets de 35^{mm} de diamètre et de hauteur, dans lesquels ont été extraites les éprouvettes d'essais mécaniques.

Sur chacune des compositions, nous avons étudié les propriétés mécaniques suivantes :

Dureté Brinell (bille de 10^{mm}, charge de 3000^{kg}).

Résistance à la flexion (éprouvette de Fremont : section 10^{mm} × 8^{mm}, longueur 35^{mm}; distance entre appuis 30^{mm}).

Résistance au cisaillement (éprouvette cylindrique de 25$^{mm^2}$ de section).

Résistance à la compression (éprouvette cylindrique ayant un diamètre et une hauteur de 10^{mm}).

(¹) JEAN CHALLANSONNET, *Revue de Métallurgie*, 27, 1930, p. 573.

	C total.	Si.	Mo.	Dureté Brinell.	Flexion Fremont (en kg).	Résistance au cisaillement (kg/mm²).	Résistance à la compression (kg/mm²).
1M....	3,6	2,30	0	150	450	26	56
2M....	3,56	2,25	0,25	180	525	29	71,2
3M....	3,65	2,38	0,6	210	625	32	85
4M....	3,6	2,42	1,57	250	750	40	101
$4M_1$...	3,50	2,3	2,05	290	825	42,5	108
$4M_2$...	3,58	2,28	2,9	330	925	48	112,5
1P ...	3,25	1,4	0	220	750	34	103
2P ...	3,36	1,3	0,3	238	825	40,2	109,5
3P ...	3,18	1,47	0,7	255	900	55,8	118
4P ...	3,2	1,6	1,45	285	1050	55	134
5P ...	3,15	1,35	2,10	300	1200	58	140
6P (1).	3,30	1,20	2,8	380	–	–	–

Nous remarquons de suite que, si une fonte à carbone total et à silicium élevés comme la fonte 1M peut rester grise avec 2,9 pour 100 de molybdène, il n'en est pas de même d'une fonte à moindre carbone et silicium, telle que la 1P, qui devient une fonte blanche sans graphite avec 2,8 pour 100 de cette addition.

Microstructure. — Dans la fonte initialement ferritique, le molybdène fait apparaître un constituant ayant l'aspect d'une perlite très fine; on peut l'appeler trooste-sorbite : sa finesse s'accroît d'ailleurs avec la teneur en molybdène. Avec 1,6 pour 100 de ce métal il est possible de résoudre ce constituant sous un grossissement de 600 diamètres, alors qu'au delà cela devient impossible. Cette action du molybdène est encore plus accentuée dans la fonte à bas carbone où nous avons pu enregistrer de la martensite et de l'austénite quand le molybdène atteint 2,8 pour 100. Dans une prochaine Note nous préciserons la nature de ces constituants. Quoi qu'il en soit, ainsi qu'en témoigne le tableau, cet affinement structural a une répercussion considérable sur les propriétés mécaniques. Ainsi, une addition de 1,6 pour 100 de ce métal suffit à accroître de 66 pour 100 la charge de rupture à la flexion d'une fonte médiocre sans que rien n'ait changé dans la composition des éléments normaux ni dans les facteurs de fonderie.

Dans une fonte ferritique le molybdène a son maximum d'effet à 2,9 pour 100 où il double toutes les propriétés mécaniques; au delà les fontes deviennent pratiquement inusinables parce que truitées ou blanches.

---

(1) Fonte blanche avec austénite et martensite, pratiquement inusinable.

Le taux d'amélioration de la fonte perlitique est plus faible que celui des fontes ferritiques, 40 pour 100, contre 66 pour 100 avec une addition voisine de 1,5 pour 100.

Conclusions. — Cette étude montre que le molybdène peut améliorer considérablement les propriétés mécaniques des pièces coulées en fonte mécanique ou en fonte perlitique ordinaire. Pour la première catégorie IM, le maximum à ne pas dépasser est 2,9 pour 100; toutefois le maximum d'amélioration compatible avec un usinage facile est obtenu avec 2 pour 100 de molybdène.

Dans une fonte perlitique normale, la teneur optimum permettant un travail praticable avec les outils normaux, est voisine de 1,5 pour 100. Dans les deux cas l'effet de l'addition se fait nettement sentir dès 0,25 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les essais d'emboutissage suivant la méthode Siebel et Pomp.* Note de M. **Henri Fournier**, présentée par M. Léon Guillet.

Au cours d'un travail sur les essais d'emboutissage des métaux, j'ai été amené à effectuer une étude systématique de la méthode imaginée par Siebel et Pomp [1].

Les caractéristiques déterminées dans cet essai sont : l'allongement d'emboutissage $A_E\,{}^0/_0 = (d' - d)/d \times 100$, la charge de rupture à l'emboutissage $RE = C/e(D + e - d)$, la flèche f; d désignant le diamètre initial du trou, d' son diamètre final, C la charge maximum atteinte au cours de l'essai, D le diamètre de l'outil d'emboutissage, e l'épaisseur de la tôle essayée.

I. *Étude des facteurs de cet essai.* — J'ai étudié les variables suivantes :

A. *Facteurs secondaires :* degré de fini du trou percé dans l'éprouvette, vitesse d'emboutissage, nature de la surface de la tôle essayée, et graissage du poinçon.

B. *Facteurs principaux :* nature, traitement et épaisseur du métal; diamètre du poinçon D, arrondi du poinçon R_p, arrondi de la mordache supérieure de serrage R_m, rapport du diamètre d du trou au diamètre D du poinçon.

---

[1] *Mitt. Kaiser Wilhelm Institut für Eisenforschung*, 11, 1929, Lfg. 18, p. 287 à 291; 12, 1930, Lfg. 9, p. 115 à 125.

Mes résultats peuvent être résumés de la manière suivante :

Le degré défini du trou est la seule variable du groupe *a* ayant une influence marquée; il importe que l'usinage de ce trou soit particulièrement soigné.

C'est l'examen de la courbe reliant les efforts aux flèches qui permet l'étude des paramètres du groupe B. Il m'a été possible, pour tous les métaux essayés, de rendre l'allure de cette courbe analogue à celle de la courbe de traction (efforts-allongements), en choisissant convenablement les caractéristiques de l'outillage d'essai. Le jeu des différents facteurs permet de faire varier : la pente de la branche montante de la courbe, la position du point maximum, c'est-à-dire C, la position du point de rupture, c'est-à-dire *f*. Ce mode d'action est résumé qualitativement dans le Tableau I, qui montre que les métaux étudiés peuvent être classés en trois groupes d'après la valeur de leurs allongements de traction; la variation de A_E pour 100 en fonction de d/D étant en particulier, différente pour chaque groupe.

TABLEAU I.

	Métaux à allongements								
	≥ 40 %.			moyens.			< 20 %.		
Augmentation du paramètre.	*f*.	A_E %.	R_E.	*f*.	A_E %.	R_E.	*f*.	A_E %.	R_E.
e	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
D	↗	↘	↘	↗	↘	↘	↗	↘	↘
R_p	↗	→	↘	↗	→	↘	↗	→	↘
R_m	↗	↗	↘	↗	↗	→	↗	↗	↗
$\frac{d}{D}$	↗*	↘	$\searrow_0$	↗*	max. ↗↘	$\searrow_0$	→	→	$\searrow_0$

II. *Comparaison de cette nouvelle méthode à celles habituellement utilisées.* — J'ai comparé cette méthode aux essais d'emboutissage Persoz, Erichsen et aussi à l'essai de traction. J'ai obtenu une mesure des sensibilités de ces méthodes en les appliquant à un métal recuit puis au même métal surchauffé.

Soient R la valeur d'une caractéristique C à l'état recuit, S la valeur de la même caractéristique à l'état surchauffé; une première évaluation de la sensibilité de C pour différencier les deux états sera

$$\sigma = \frac{R - S}{R} \times 100.$$

Si les valeurs R et S de C sont entachées d'erreurs dR et dS, l'erreur

relative commise sur l'expression précédente est

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{dR}{R} \times \frac{R}{R - S} + \frac{dS}{S} \times \frac{S}{(R - S)} + \frac{dR}{R}.$$

J'ai posé comme coefficient donnant la valeur de la méthode

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\frac{d\sigma}{\sigma}},$$

ce coefficient devant être le plus élevé possible. Le Tableau II donne les valeurs de σ et de σ' dans quelques cas.

TABLEAU II (Laiton : 67 % du Cu, 33 % du Zn).

	Emboutissage							Traction.	
	Siebel.			Persoz.		Erichsen.			
	f.	AE %	RE.	Ch.	f.	Ch.	f.	A %.	R.
Recuit.....	10,7	99	89	1760	18,8	1940	12,6	68	35,2
Surchauffé..	9,8	77	73	1530	18,9	1660	12,6	74	30,9
σ..........	8,4	22	18	13	0,5	14	–	8,8	12
σ'..........	0,05	0,17	1,00	0,20	0,00	0,40	–	0,06	0,38

Conclusions. — La méthode Siebel et Pomp a une sensibilité supérieure à celle des méthodes Persoz et Erichsen; toutes choses égales, cette supériorité est d'autant plus nette que l'essai est appliqué à un métal dont les allongements de traction sont plus élevés. Mais, en contre-partie, elle est moins générale, un type unique d'outillage n'est pas applicable à tous les cas.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réaction de précipitation par l'ammoniaque de la solution fluorhydrique de protactinium et de tantale.* Note de MM. **François Reymond** et **Tcheng Da-Tchang**, présentée par M. G. Urbain.

Dans les dosages du protactinium dans les minerais, où nous avons utilisé le tantale comme entraîneur, nous avons été conduits, pour l'élimination des impuretés radioactives (Ra, Po, Io), à maintenir le protactinium et le tantale en solution dans l'acide fluorhydrique (1).

Pour obtenir à partir de cette solution les oxydes de tantale et de pro-

(1) Tcheng Da-tchang, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 167.

tactinium, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Celle qui semblerait à priori la plus simple serait de précipiter par l'ammoniaque, de filtrer et de calciner le gel de tantale actif. C'est celle que nous avons utilisée tout d'abord. Mais elle est totalement à rejeter, parce que non seulement, comme l'a montré Grosse (¹) par des expériences sur les oxydes de protactinium et de tantale purs, une partie de ces éléments reste en solution dans la liqueur fluoammoniacale, mais surtout parce qu'il se produit sur le mélange de ces corps un important fractionnement. Il y a appauvrissement en protactinium de l'hydrate tantalique précipité et évidemment concentration du protactinium dans la solution.

Exemple : Une solution d'hydrate de tantale et de protactinium dans l'acide fluorhydrique est précipitée par un excès d'ammoniaque, on recueille un gel d'hydrate de tantale qui desséché pèse 102^{g}. (Activité = 3 fois celle de U^3O^8. Produit d'activité = 306.)

Le filtrat fluoammoniacal, après légère ébullition pour chasser l'excès d'ammoniaque, est additionné d'acide sulfurique et concentré jusqu'à dégagement de fumées blanches. On laisse refroidir et reprend par l'eau et l'ammoniaque. On recueille ainsi un gel d'hydrate de tantale qui desséché pèse 15^{g}. (Activité = 13 fois celle de U^3O^8. Produit d'activité = 195.) Il est donc resté en solution 38,9 pour 100 du protactinium et 12,8 pour 100 du tantale.

Si l'on utilise cette méthode pour le dosage du protactinium dans les minerais, on obtient toujours des résultats très variables, parce que du protactinium est perdu dans la solution fluoammoniacale en proportion plus ou moins grande, suivant les quantités d'acide fluorhydrique et d'ammoniaque. Des dosages effectués de la même façon, en évitant cette précipitation par l'ammoniaque, donnent des chiffres bien plus concordants et toujours supérieurs à ceux obtenus dans la première méthode.

Nous proposons pour la récupération totale du tantale et du protactinium de la solution fluorhydrique d'opérer comme suit : à la solution, on ajoute une dizaine de gouttes d'acide sulfurique (pour environ $0^{g},2$ de Ta^2O^5) et l'on chasse la majeure partie de l'eau et de l'acide fluorhydrique au bain-marie. On termine par un chauffage au bain de sable jusqu'à dégagement de fumées blanches d'acide sulfurique. Il se produit déjà une précipitation de gel d'acide tantalique hydrolysé que l'on achève par addition d'ammo-

(¹) GROSSE, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1742.

niaque dans la liqueur sulfurique refroidie et diluée. Cette opération montre que le gel de tantale n'a perdu ni poids ni activité.

Une simple calcination de la liqueur fluosulfurique de tantale et de protactinium peut être aussi employée sans perte ni de poids ni d'activité. Mais il est impossible de détacher tout l'oxyde de tantale qui colle fortement sur les parois de la capsule.

Nous avons au sujet de cette calcination et en raison des opinions divergentes des auteurs, vérifié, que comme l'ont indiqué Rose et Marignac, il est nécessaire d'ajouter, à la solution fluorhydrique, de l'acide sulfurique qui empêche la volatilisation du tantale. Des pertes de tantale, pouvant atteindre jusqu'à 15 pour 100 du poids initial, peuvent au contraire se produire si l'on amène à sec, puis calcine, la solution fluorhydrique exempte d'acide sulfurique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage colorimétrique de petites quantités de plomb introduites dans les matières alimentaires.* Note de M. **A. Machebœuf**, **H. Cheftel** et **J. Blass**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le dosage de petites quantités de plomb dans les matières organiques tel que le cas peut se présenter dans l'examen de produits alimentaires conservés dans des récipients en fer blanc, nous a conduits à passer en revue les méthodes de dosage existantes, et à en établir une qui convient particulièrement au but proposé. La seule méthode spécialement étudiée en vue de doser le plomb en présence d'étain dans les aliments est due à Owe : il opère cependant sur une quantité considérable de matière, dont la destruction prend beaucoup de temps, et il n'effectue le dosage qu'à environ 1 milligramme près.

Nous nous sommes appliqués tout d'abord à opérer sur des quantités de plomb de l'ordre du dixième de milligramme, afin de pouvoir réduire au minimum le poids de matière à détruire. Ayant constaté, en confirmant les résultats d'autres auteurs, que la destruction par calcination entraîne à des pertes considérables, nous avons employé la destruction sulfonitrique, et séparé le plomb à l'état de sulfate. Afin d'accélérer la précipitation de ce sel, et de la rendre plus complète, nous avons adopté l'addition de sulfate de calcium et la centrifugation. Pour la filtration, nous avons choisi un filtre en verre d'Iéna G4; et afin d'entraîner les dernières traces de sulfate de plomb pouvant rester dans le ballon où l'on avait effectué la destruction,

nous avons rincé ce récipient avec chaque portion de liquide employé, soit au lavage du précipité, soit à sa dissolution en vue d'un traitement ultérieur. Le sulfate de plomb, dissous dans l'acétate d'ammonium (à l'exclusion complète de l'oxyde d'étain qui peut l'accompagner), est enfin traité, en présence de gélatine, par de l'eau saturée d'hydrogène sulfuré, et la quantité de plomb est déterminée colorimétriquement par comparaison avec une gamme préparée d'avance.

Ce dosage dure 4 à 5 heures, il peut être effectué par séries de 4 ou de 6, et permet de déterminer $0^{mg},2$ de plomb à environ un centième de milligramme près.

Le détail de la méthode est le suivant : quelques grammes de substance, contenant $0^{mg},15$ à $0^{mg},25$ de plomb, sont détruits par chauffage avec 1^{cm^3} d'acide nitrique et 1^{cm^3} d'acide sulfurique. On ajoute ensuite 3^{cm^3} d'eau, puis on chauffe jusqu'aux fumées blanches; enfin, le contenu du ballon est transvasé dans un tube de centrifugeuse en verre résistant au chauffage. On rince 4 fois le ballon avec 1^{cm^3} d'eau et l'on verse ces eaux de lavage dans le tube. On ajoute $0^{g},2$ de sulfate de calcium finement pulvérisé, et ensuite 10^{cm^3} d'alcool acidifié avec de l'acide sulfurique. Cet alcool sert d'abord, ainsi que nous l'avons dit, à rincer le ballon. On agite, on centrifuge, on décante sur un filtre Iéna G 4, et l'on répète 3 fois l'addition d'alcool et les opérations ci-dessus. On opère de même avec de l'alcool à 70°, sans acide, afin de laver le précipité. On verse dans le tube 10^{cm^3} d'une solution d'acétate d'ammonium, on chauffe directement à la flamme, et l'on verse chaud sur le filtre. En répétant 4 fois cette opération on dissout la totalité du précipité de sulfate de plomb. On concentre la liqueur au bain-marie, on transvase dans un tube à essai calibré et gradué, on amène à 15^{cm^3}, et l'on ajoute enfin $1^{cm^3},5$ d'une solution de gélatine à 5 pour 100 et 2^{cm^3} d'eau saturée d'hydrogène sulfuré.

Pour l'échelle, on emploie une solution titrée d'acétate de plomb et l'on prépare une série de tubes contenant $0^{mg},150$, $0^{mg},175$, $0^{mg},200$, $0^{mg},225$ et $0^{mg},250$ de plomb. Le bismuth et le mercure ne gênent pas, l'argent non plus si la quantité présente est seulement de l'ordre de $0^{mg},1$. En quantité supérieure, l'argent donne une erreur par excès.

Un Mémoire plus détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation et détermination du cuivre en présence d'aluminium par la 8-hydroxyquinoléine. Application aux alliages d'aluminium.* Note de M. **Jean Calvet**, présentée par M. C. Matignon.

R. Berg a introduit dans l'analyse la 8-hydroxyquinoléine, qui a l'avantage de permettre le dosage des métaux, sous la forme de composés à poids moléculaires élevés. Berg a appliqué ce réactif à la détermination du cuivre dans une solution contenant ce métal seul ([1]). Il opère en milieu acétique, mais dans ces conditions les métaux suivants : nickel, manganèse, cobalt, zinc, cadmium, aluminium, bismuth, fer, titane, précipitent aussi. Il effectue le même dosage aussi en présence de tartrate de sodium en solution rendue alcaline par la soude ; mais alors le magnésium, le zinc, le cadmium, le fer précipitent également. C'est en particulier dans ce milieu tartrique que Berg a réalisé la séparation du cuivre de l'aluminium ([2]), sa méthode s'applique surtout au dosage du cuivre lorsqu'il se trouve en proportion importante par rapport à l'aluminium.

Nous avons trouvé une méthode qui permet de doser avec une grande précision le cuivre, non seulement en présence de l'aluminium, mais aussi des autres métaux précédents qui se trouvent fréquemment dans les alliages d'aluminium ; la précision se conserve même dans le cas où le cuivre n'existe qu'en très petite quantité.

En présence du tartrate de sodium, en milieu acétique ou ammoniacal, de faibles quantités d'hydroxyquinoléine ne donnent aucun précipité avec des masses importantes d'aluminium. Le cuivre présent dans la solution est précipité intégralement. Les nombres du tableau ci-contre donnent un exemple des résultats obtenus.

L'aluminium est utilisé dans nos essais sous forme d'une solution d'alun d'ammonium. Le cuivre est précipité à une température d'environ 70-80° par une solution à 3 pour 100 d'hydroxyquinoléine dans l'acide acétique deux fois normal ; on laisse refroidir la solution dont le volume est toujours voisin de 200^{cm^3}, on filtre après environ 2 heures et le précipité lavé à l'eau tiède est séché à l'étuve (température 108-110°). Le composé répond à la formule $(C^9H^6ON)^2.Cu$; sa teneur en cuivre est de 18,08 pour 100.

([1]) R. Berg, *Analyt. Chemie*, 70, 1927, p. 341.
([2]) R. Berg, *Analyt. Chemie*, 71, 1927, p. 369.

Solution d'hydroxy.	Tartrate neutre de Na.	NH³ concentré à 22° Bé.	Temps écoulé avant la filtration.	Poids du précipité.	Cu trouvé.	Cu mis.	Al.
cm³	g	cm³	h m	mg	mg	mg	g
5	6	5	4.00	3,35	0,61	0,63	1
5	6	5	3.15	6,7	1,21	1,25	1
5	6	5	1.30	6,6	1,19	1,25	1
5	6	5	2.10	10,0	1,81	1,87	1
5	6	5	2.25	13,8	2,50	2,50	1
5	6	5	2.35	17,1	3,09	3,11	1
5	6	3	1.30	37,2	6,73	6,74	1
5	6	5	1.25	74,2	13,42	13,45	1
5	6	5	1.20	148,9	26,92	26,90	1
9	6	6	1.45	241,5	43,67	43,64	1
12	6	6	1.55	246,5	62,66	62,68	1
15,5	6	7	4.10	450,9	81,52	81,46	1

Un excès d'hydroxyquinoléine, d'ammoniaque ou de tartrate de sodium n'a pas d'influence; la précipitation reste complète, même en présence d'acide acétique, qui ne gêne pas tant que sa teneur n'excède pas 6 ou 7 pour 100; elle est toutefois plus lente surtout lorsque le cuivre se trouve en très petite quantité (3^{mg} par exemple).

La méthode est encore applicable lorsqu'on fait varier dans une large mesure la proportion du cuivre à l'aluminium, mais elle ne convient plus s'il y a beaucoup de cuivre et très peu d'aluminium.

Le magnésium, le glucinium, le manganèse, le zinc, le cadmium à la dose étudiée de 7^{mg} et 15^{mg} ne faussent nullement les résultats. Par contre le nickel et le cobalt précipitent; il semble même que la méthode de dosage qui vient d'être décrite pour le cuivre soit valable pour ces deux métaux : je me propose de publier ultérieurement les résultats obtenus.

Le fer en petite quantité n'est pas gênant; il convient toutefois de n'employer qu'un léger excès d'hydroxyquinoléine et d'opérer la précipitation en milieu faiblement acétique.

La méthode s'applique à l'analyse des alliages d'aluminium; on l'a établie en opérant, en milieu faiblement acétique, avec des mélanges de sels ayant une composition analogue à celle du duralumin et des alliages Al-Cu à 4 et 8 pour 100 de cuivre; la méthode est rapide, la précision est bien supérieure à celle du procédé électrolytique, comme on peut s'en rendre compte par les chiffres suivants :

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X. XI.	X. XII.
186 mg	Fe 2 mg	4 cm³	6 g	25 cm³	1 h 40 m	104,1 mg	18,82 mg	18,78 mg	9,08	9,10
372	Fe 3	4	6	25	1.45	103,8	18,77	18,78	4,76	4,76
372	Fe 2, Mn 3, Mg 3	4	6	25	1.45	103,4	18,70	18,78	4,70	4,68

I. Aluminium à 0,13 % de fer; II. Métaux ajoutés; III. Sol. d'hydroxy.; IV. Tartrate neutre de Na; V. $CH^3CO^2NH^4.2N$; VI. Temps écoulé avant la filtration; VII. Poids du précipité; VIII. Cu trouvé; IX. Cu introduit; X. Cuivre % dans le mélange, XI. introduit, XII. trouvé.

Par exemple, on peut caractériser très nettement (après 4 heures de repos du précipité) $0^{mg},18$ de cuivre dans une solution de 200^{cm^3} contenant 1^g d'aluminium : soit 18/100000 de cuivre par rapport à l'aluminium et 18/20000000 de cuivre par rapport au poids de la solution.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'hydrolyse lente de l'acétate de zinc.* Note de M. J. Guéron, présentée par M. G. Urbain.

L'étude de cette réaction, signalée par Berthelot (¹), n'a pas été reprise depuis le travail de Foussereau (²). Cherchant à appliquer à ce sujet la méthode potentiométrique, nous avons rencontré des particularités cinétiques dont la description fait l'objet de la présente Note.

1. Des solutions $0,0015^{mol}$ d'acétate de zinc $(CH^3COO)^2Zn\,2H^2O$, sont maintenues à la température de $55° \pm 0,05$; on mesure en fonction du temps, le pH (³) d'échantillons prélevés à des instants déterminés et rapidement refroidis. Les solutions sont contenues dans des flacons de verre Pyrex, ou parfois, de cristal ou de verre ordinaire. Ces récipients ont été décapés par un courant prolongé de vapeur d'eau.

Le pH des solutions diminue avec le temps et atteint, au bout de durées très variables, une valeur finale fixe, à peu près indépendante des conditions initiales, comprise entre 5,9 et 6,0. En même temps se produit une précipitation progressive : la liqueur claire devient louche, puis des flocons se rassemblent.

Les facteurs de vitesse mis en évidence sont, d'une part la quantité de gaz carbonique dissous dans l'eau employée, d'autre part le quotient de la surface du récipient par le volume de la solution.

(¹) *Ann. de Chim. et Phys.*, 4e série, 30, 1873, p. 190-196.
(²) *Ann. de Chim. et Phys.*, 6e série, 12, 1887, p. 559.
(³) On emploie l'électrode à quinhydrone.

2. La plus ou moins grande quantité d'anhydride carbonique dissous fait varier de façon importante le pH initial des solutions, de façon peu sensible leur pH final, et de façon considérable leur vitesse d'évolution. A partir d'eau distillée, — d'eau distillée privée d'anhydride carbonique par ébullition ou par passage prolongé d'un courant d'azote ou d'oxygène, — d'eau distillée saturée de gaz carbonique, on a préparé des solutions de teneur en acide carbonique progressivement croissante et de

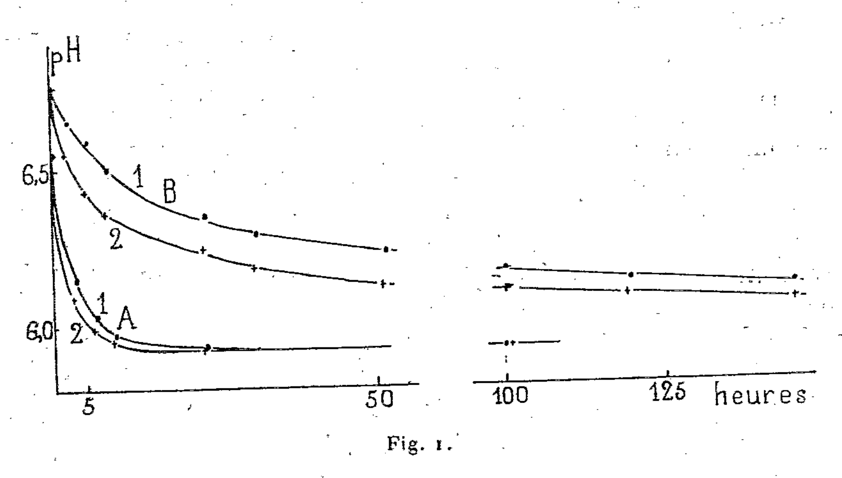


Fig. 1.

concentration constante en acétate de zinc. Dans des récipients identiques, elles atteignent le terme de leur évolution en des temps qui diminuent lorsque la concentration en gaz carbonique augmente : le temps de demi variation du pH peut varier de 1 à 50 heures, la durée totale d'évolution passant de 24 à 200 ou 300 heures.

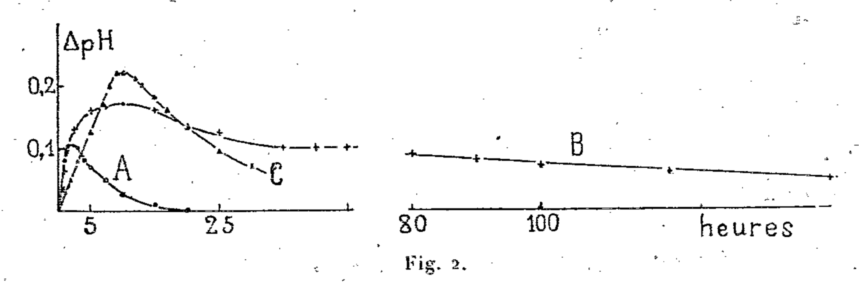


Fig. 2.

3. Dans tous les cas, des solutions de même composition évoluent d'autant plus vite que le quotient de la surface de contact entre le verre et la solution par le volume de la solution est plus grand. Les courbes de la figure 1 (choisies parmi les nombreuses courbes que nous avons déterminées) représentent, en fonction du temps, le pH de deux fractions d'une même solution, contenues dans des flacons identiques, l'un d'eux étant garni de coton de verre Pyrex (décapé à la vapeur), de façon à multiplier par 20 environ le quotient de la surface de contact par le volume de la solution : A, courbes obtenues avec des solutions dans l'eau distillée ordinaire (conductivité spécifique : 4.10^{-6} ohm^{-1}); — B, solutions préparées avec de l'eau privée de

gaz carbonique. Dans les deux cas, la courbe 2 est obtenue en présence de coton de verre. La figure 2 représente, en fonction du temps, la différence de pH entre les courbes A_1 et A_2 (courbe A); — B_1 et B_2 (courbe B); la courbe C correspond à des solutions intermédiaires, par leur teneur en gaz carbonique, entre les solutions A et B.

Par refroidissement, il se produit un retour (au moins partiel) de l'hydrolyse, d'autant plus rapide, lui aussi, que la surface de contact offerte à l'unité de volume est plus grande.

4. Ces observations doivent être rapprochées des recherches récentes de Kolthoff et Pearson (¹) sur la précipitation du sulfure de zinc dans des solutions sulfuriques de sulfate de zinc saturées d'hydrogène sulfuré. Cette précipitation est favorisée par diverses substances pulvérulentes chimiquement inactives, et l'on note un effet distinct de paroi. L'analogie se poursuit assez loin dans le détail : dans les deux cas on observe la séparation fréquente du solide formé dans la réaction sous forme d'un film mince adhérent aux parois du vase. De même que ces auteurs notent un effet de paroi net en opérant dans des flacons paraffinés, nous n'avons pas trouvé de différence appréciable dans l'évolution de deux portions d'une même solution, renfermées dans des vases de verre identiques, l'un d'eux étant intérieurement recouvert d'une couche d'ozokérite. Par contre, il ne semble pas y avoir de parenté entre ces résultats et ceux de Heymann (²) relativement à la catalyse de l'hydrolyse lente du chlorure ferrique par l'hydroxyde ferrique colloïdal (³) : il s'agit, alors, d'une action spécifique que n'exerce pas, par exemple, un sol d'hydroxyde d'aluminium.

L'influence catalytique des parois, si commune dans les réactions en phase gazeuse, n'a pour ainsi dire pas été signalée dans les réactions de voie humide. Elle semble cependant s'y révéler lorsqu'il il y a séparation d'une phase nouvelle : gazeuse dans la catalyse de l'eau oxygénée solide dans le cas présent comme dans les recherches de Kolthoff et Pearson.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Diminution de la teneur en fer des verres décolorés au sélénium.* Note de MM. **Emilio Damour** et **Alexandre Nadel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On a constaté, dans la pratique de la fusion du verre, que l'action du sélénium ajouté comme décolorant est très variable, dépend par exemple de la teneur du lit de fusion en chlorures, surtout en NaCl. Ce sel intensifie souvent l'effet de décoloration.

(¹) *J. Physical Chem.*, **36**, 1932, p. 549-566.

(²) *Kolloid Zeits.*, **47**, 1929, p. 48; **48**, 1929, p. 25.

(³) Notons en passant la contradiction complète, sur ce point, entre Heymann et Tian (*J. de Chimie phys.*, **19**, 1921, p. 204-206).

Devant ce résultat on peut se demander s'il y a deux actions indépendantes du chlorure et du sélénium ou si l'effet est dû à leur coopération.

Pour élucider cette question nous avons effectué un grand nombre d'expériences qui nous ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Employé seul, le NaCl n'aurait aucun pouvoir colorant ou décolorant, quelles que soient les teneurs en fer et l'addition de NaCl ;

2° Associé au Se, il renforce l'action décolorante quand la teneur en Fe est faible et quand la dose de Se est assez basse pour n'être pas colorante.

3° Quand la dose atteint la limite de coloration par Se, le NaCl est sans influence sur la teinte obtenue.

Il nous a paru intéressant d'analyser particulièrement le second cas : intensification du pouvoir décolorant quand les quantités de Fe sont moyennes et la dose de Se maintenue dans les limites de la décoloration.

Pour ces expériences, nous avons fait usage de matières premières pures : poudre de quartz, carbonates de CaO et Na^2O et nitrate chimiquement purs; nous avons ajouté 0,5 pour 100 de Fe^2O^3 à la composition ; le Se a été introduit sous forme de sélénite de zinc; la fusion effectuée en creusets de platine, en atmosphère oxydante.

Les pourcentages des matières et la composition centésimale du verre sont donnés par le tableau ci-après :

TABLEAU I.

	Fusion A, A'.	Fusion B, B'.	Fusion C, C'.		Teneur pour 100 calculée du verre fondu.
SiO^2	100g	100g	100g	SiO^2	74,6770
Na^2CO^3	40	40	40	Na^2O	18,2587
$CaCO^3$	16	16	16	CaO	6,6911
$NaNO^3$	3	3	3	Fe^2O^3	0,3733
$ZnSeO^3$	–	–	0,01		
NaCl	–	1	–		
Fe^2O^3	0,5	0,5	0,5		

Les trois verres obtenus ont été analysés comme suit : pulvérisation très fine, attaque de 10g par HFl en creuset de platine lentement en agitant avec un fil de Pt; évaporation à sec, reprise par 5cm³ SO^3 2/1; évaporation jusqu'à disparition des vapeurs blanches, reprise par quelques gouttes d'eau distillée et 2cm³ acide nitrique concentré, seconde évaporation à sec suivie de traitement par SO^3, reprise par HCl jusqu'à clarté parfaite, liqueur étendue à 100cm³ dont 25cm³ ont été prélevés pour le dosage iodométrique.

Pour ce dosage du fer, emploi d'une solution d'hyposulfite 1/50 normale titrée avec de l'iode resublimé; contrôle après repos de 10 jours par la méthode au diiodate de C. Than.

TABLEAU II.

Dosages de fer (coefficient 1/50 N : 0,9372).

		Fusion A.	Fusion B.	Fusion C.
Prise d'essai		9g,9450	10g,45511	9g,5010
Consomm. liqueur	1°	24cm³,70	23cm³,40	14cm³,40
	2°	24cm³,40	24cm³,00	13cm³,70
Trouvé pour 100 Fe^2O^3	1°	0,3716	0,3351	0,8268
	2°	0,3631	0,3435	0,2157
Moyenne		0,3673	0,3393	0,2212
		Fusion A'.	Fusion B'.	Fusion C'.
Prise d'essai		9g,0410	9g,5010	9g,0010
Consomm. liqueur	1°	22cm³,65	23cm³,20	16cm³,80
	2°	22cm³,50	23cm³,40	16cm³,80
Trouvé pour 100 Fe^2O^3	1°	0,3747	0,3654	0,2793
	2°	0,3724	0,3685	0,2793
Moyenne		0,3735	0,3669	0,2793

La diminution du fer est donc particulièrement nette dans la série C, C'.

Résultats. — Nous avons toujours constaté la disparition d'une partie du Fe, probablement sous forme de $FeCl^3$.

Cette volatilisation n'est pas invraisemblable, puisque le $FeCl^3$ a son point d'ébulition très bas, à 280°.

Quant à la formation de corps, il semble qu'on puisse l'attribuer à une action catalytique du Sé pendant que le NaCl fournit la quantité équivalente de Cl. La température élevée de fusion du verre est favorable à la genèse de $FeCl^3$ dont la chaleur de formation est 192 080^{cal}.

La conception inverse de formation d'un composé de Fe et Sé dans lequel le NaCl jouerait un rôle quelconque n'est pas admissible, d'abord parce que la quantité de Fe volatilisé est hors de proportion avec celle du Sé, puis parce qu'il nous a été impossible d'établir des relations stochiométriques permettent de conjuguer un seul poids atomique de Sé, même à plusieurs atomes de Fe.

En outre il paraît probable qu'un équilibre s'établit, ne permettant pas de pas de dépasser une certaine limite de décoloration. La réaction étant vraisemblablement réversible doit dépendre de loi d'action de masse ($3NaCl = FeCl^3$).

Quoi qu'il en soit, les expériences conduites avec la plus grande précision semblent démontrer que, dans la décoloration au Sé il y a volatilisation partielle du Fe et que la présence de NaCl en petites quantités favorise cette élimination, contribuant ainsi à la décoloration par départ du Fe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'un dérivé chloro-méthylé du para-bromo-anisol (méthoxy-2 bromo-5 α-chlorotoluène).* Note de M. **R. Quelet**, transmise par M. V. Grignard.

Il est facile de réaliser la synthèse des dérivés chloro-méthylés des carbures benzéniques, soit en condensant ceux-ci avec les éthers-oxydes chlorométhyléniques, $R—O—CH^2Cl$, en présence de chlorure stannique([1]), soit en faisant réagir directement l'acide chlorhydrique sec sur une suspension de trioxyméthylène et de chlorure de zinc dans le carbure à transformer ([2]).

Cette dernière méthode, particulièrement féconde, a pu être utilisée pour la préparation d'une très grande variété d'homologues et de dérivés du chlorure de benzyle et je ne puis entreprendre, ici, l'énumération de tous les travaux qu'elle a inspirés.

Mais aucun procédé, permettant d'obtenir directement les dérivés chloro-méthylés des éthers-oxydes phénoliques, n'a été, jusqu'à présent, signalé.

On sait, en effet, que l'anisol, traité par l'aldéhyde formique et l'acide chlorhydrique, se transforme en *p-p'*-diméthoxy-diphénylméthane ; il en est de même avec ses dérivés de substitution, par exemple, avec le para-bromanisol qui, dans ces conditions, fournit le diméthoxy-2-2' dibromo-5-5' diphénylméthane.

Les éthers employés par Sommelet donnent lieu à une réaction analogue et ne permettent pas, en suivant le mode opératoire habituel, d'isoler des quantités appréciables de dérivés chloro-méthylés.

En faisant réagir tout d'abord l'acide chlorhydrique sur du trioxyméthylène, au sein d'un liquide convenable, j'ai obtenu un réactif qui, s'il ne permet pas de préparer le dérivé chloro-méthylé de l'anisol lui-même, réagit dans de bonnes conditions sur le para-bromo-anisol en donnant le méthoxy-2 bromo-5 α-chlorotoluène.

On sature, par de l'acide chlorhydrique sec, une suspension de 15g de

---

([1]) Sommelet, *Bull. Soc. chim.*, 15, 1914, p. 107.
([2]) Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 313.

trioxyméthylène et de 5^g de chlorure de zinc, dans 75^{cm^3} d'essence de pétrole légère, préalablement débarrassée des carbures éthyléniques et benzéniques qu'elle pouvait contenir.

Le liquide limpide obtenu est décanté, puis introduit dans une fiole conique avec du bromo-anisol, pris en excès, et 10^g de chlorure de zinc. On abandonne à la température ordinaire, en agitant, de temps en temps; au voisinage de 15°, la réaction est totale au bout de huit jours

Le produit est alors décanté, lavé avec soin, séché, puis, après élimination de la majeure partie du solvant, distillé sous pression réduite. On obtient 60^g de dérivé chloro-méthylé (rendement 50 pour 100) et il reste un résidu important constitué surtout par du diméthoxy-2-2′ dibromo-5-5′ diphénylméthane fondant, comme l'indiquent Diels et Rosenmund, à 108° (¹).

Le méthoxy-2 bromo-5 α-chlorotoluène a déjà été obtenu par Knorr et Hörlein (²) par action du pentachlorure de phosphore sur l'alcool méthoxy-2 bromo-5 benzylique, mais ses constantes physiques n'ont pas été indiquées. C'est un liquide huileux, incolore, bouillant à 152-153°, sous 15^{mm}; $d_4^{22} = 1,569$; $n_D^{22} = 1,585$; R. M. trouvée : 50,29, calculée : 49,82.

Sa constitution est vérifiée par la série des transformations suivantes :

$$C_6H_3(OCH_3)(CH_2Cl)Br \xrightarrow[+CH_3COOH]{Zn} C_6H_3(OCH_3)(CH_3)Br \xrightarrow{Mg} C_6H_3(OCH_3)(CH_3)MgBr \xrightarrow{H_2O} C_6H_4(OCH_3)(CH_3) \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_4(OH)(CH_3)$$

Traité par la poudre de zinc et l'acide acétique, il fournit le méthoxy-2 bromo-5 toluène, bouillant à 113°, sous 15^{mm}, et cristallisant en tablettes fusibles à 66° (³) (rendement : 80 pour 100). Celui-ci donne un dérivé organo-magnésien qui, par réaction avec l'eau, conduit à l'orthocrésolate de méthyle (rendement : 60 pour 100). Ce dernier, déméthylé par chauffage avec du chlorure d'aluminium, donne l'orthocrésol.

Grâce à cette préparation relativement aisée, le dérivé chlorométhylé du parabromanisol peut être avantageusement utilisé pour réaliser la synthèse de corps jusqu'alors très difficilement accessibles. Enfin, la réaction, mise en œuvre pour sa préparation, peut être utilisée pour un certain nombre d'autres dérivés d'éthers oxydes phénoliques.

(¹) Diels et Rosenmund, *D. Chem. Ges.*, 39, 1906, p. 2362.

(²) Knorr et Hörlein, *D. Chem. Ges.*, 42, 1909, p. 3499.

(³) Underwood, Baril et Toone, *Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 4087, indiquent comme point de fusion 63-64°.

GÉOLOGIE. — *Le Rhétien et l'Hettangien dans l'Est du Bassin de Paris.* Note de M. **Georges Corroy**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans l'Est de la France, les sédiments compris entre les marnes bariolées du Keuper et les calcaires à Gryphées du Sinémurien présentent une telle variation de faciès et de puissance, que des interprétations différentes ont été données quant à leur âge et à leur synchronisme. Des sondages et des travaux récents me permettent d'apporter de nouvelles précisions à leur sujet.

En Lorraine, le passage du Keuper au Rhétien s'effectue par des argiles schisteuses noirâtres qui font suite insensiblement aux marnes bariolées dolomitiques du Trias; ces argiles, répandues uniformément, ont une puissance qui varie entre 1 et 8^m. Elles sont surmontées par les grès jaunâtres, micacés, à *Avicula contorta* (15 à 30^m), couronnés eux-mêmes par des poudingues et un bone-bed bien connu. Sur ces horizons repose l'assise des *marnes rouges de Levallois* (4 à 12^m), comportant à la base un niveau d'argile schisteuse verte avec dolomie.

Ainsi que R. Nicklès l'a remarqué ([1]), la zone marneuse à *Psiloceras planorbis* n'existe qu'au Nord d'Hettange; et, dans le sud de la Lorraine, on passe directement à l'Hettangien supérieur avec des grès marneux en plaquettes et bone-bed (0,10 à 0,20), sous-jacents à une lumachelle marno-sableuse à *Miocidaris Martini* (0,20 à 0,30). A la partie supérieure, commencent, dans le Nord, les « grès d'Hettange » (60^m), et dans le Sud, les calcaires marneux à Cardinies (3 à 4^m), qui représentent la partie terminale de la zone à *Schlotheimia angulata*.

Dans les Vosges occidentales et la Haute-Marne, le Keuper est surmonté par une alternance d'argiles schisteuses bleues et de grès grossiers (3 à 5^m) qui passent au *grès blanc*, exploité pour meules (10 à 12^m). En profondeur, les sondages ont montré que ce grès est bleu, très dur, aquifère seulement dans sa partie inférieure. Deux petits niveaux de bone-bed inclus dans des argiles vertes couronnent le grès (Provenchères). Puis vient une assise synchronique des marnes de Levallois, très variable de composition et d'épaisseur : argiles rouges schisteuses azoïques (6 à 12^m : Breuvannes, Marcilly); grès durs en plaquettes (2^m : Bourbonne-les-Bains,

([1]) R. Nicklès, *Le contact du Rhétien et de l'Hettangien en Meurthe-et-Moselle* (*Bull. Soc. Sciences de Nancy*, 15, II, 1924, p. 185).

Hortes); grès argileux (0,50 : Saulxures, Varennes). Ce dernier est raviné parfois, pour disparaître complètement au Sud de Chalindrey.

Quant à l'Hettangien, Nicklès a montré ([1]) que la zone à *Psiloceras planorbis* existait seulement dans le petit synclinal de Vitrey-Jussey, sous la forme d'un calcaire bleu à grands *Psiloceras* (1^m à 2^m). La zone à *Schlotheimia angulata*, également calcaire, riche en fossiles (Mattaincourt, Chalindrey), mais peu puissante ($0^m,25$ à $1^m,50$), passe insensiblement au Lias inférieur ([2]). Au Sud de l'anticlinal hercynien de Bussières-les-Belmont, l'Hettangien n'existe plus (forage de Pressigny).

Vers l'Est, soit *aux environs de Vesoul*, des sondages ont révélé la constitution exacte de l'Infralias, peu visible aux affleurements. Le Keuper se termine par des marnes noires et vertes qui passent au Rhétien par une série de marnes gréseuses, micacées ($1^m,50$ à 3^m), avec bancs de grès fins. La zone à *Avicula contorta* est assez homogène (10^m à 12^m); mais elle renferme, vers la partie inférieure des grès, un niveau de minerai de fer oolithique; des marnes vertes pyriteuses, avec petits bancs gréseux, la couronnent (1^m à 2^m).

Comme en Haute-Marne, la zone à *Psiloceras planorbis* fait défaut. L'Hettangien supérieur seul est représenté par des grès friables à *Pecten valoniensis* ($0^m,50$ à 1^m) et des calcaires à Cardinies, difficilement séparables des calcaires à Gryphées; ceux-ci sont de couleur foncée et excessivement durs.

Toutes les coupes relevées montrent donc que, dans l'Est du Bassin de Paris, à la fin du Rhétien et à l'Hettangien, les dépôts sédimentaires ont été très variables de constitution et de puissance. La transgression post-keupérienne n'a été qu'un prélude à la grande transgression sinémurienne, celle-là très uniforme; entre les deux mouvements marins se place une époque d'émersion en certains points, de formations lagunaires ou de dépôts marins en d'autres. Et la rapidité de la transgression liasique, qui a commencé *vers la fin de l'Hettangien*, ne nous a laissé parfois, par suite de l'intensité des courants, que peu ou pas de sédiments d'âge rhétien supérieur et hettangien inférieur.

([1]) R. Nicklès. *Sur l'existence de la zone à* P. planorbe *dans la région de Vitre-* (*Bull. Soc. Sciences de Nancy*, 12, 1912, p. 26).

([2]) E. Bruet et G. Gardet, *L'Hettangien de Chalindrey* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 26, 1926, p. 209).

GÉOLOGIE. — *Observations stratigraphiques sur la région de Tissa (Maroc occidental).* Note de M. **Fernand Daguin**, présentée par M. Ch. Jacob.

En octobre dernier, au cours d'une mission pour le Service de la Carte géologique et le Bureau de recherches minières du Maroc, j'ai fait une première exploration du pays situé sur la rive droite de l'Oued Leben et de l'Innaouene jusqu'au grand coude du Sebou (Feuille Fès Nord-Est au 1/100000e). Cette région est la continuation vers l'Est de celle que j'ai étudiée dans un Mémoire sur la Région Prérifaine, publié en 1927 par le Service de la Carte géologique du Maroc.

Le Trias (ou plutôt les formations qu'on rapporte au Trias) joue un rôle très important dans tout ce pays, en particulier le long de la vallée de l'Oued Leben. Il forme la montagne de sel de Tissa, énorme amas de marnes rouges, lie de vin, bariolées, avec sel et ophite. Cette montagne a été décrite, il y a longtemps déjà, par le Capitaine Pierrat (¹) et par L. Gentil (²). Le Dʳ Russo (³) a donné, en 1926, des renseignements sur le Trias de la région de l'Innaouene.

Au contact de la masse de sel, il y a des marno-calcaires, très froissés et plissotés surtout sur son flanc nord. Sur la route, qui va du poste de Tissa à l'embranchement de la route d'Aïn Aicha, on voit très bien les strates écrasées. De même, entre cet embranchement et la cantine sur la grande route, à 250 mètres de la maison cantonnière, une zone d'écrasement avec plissements et cassures, indique une poussée venue du Nord. Le Trias semble être sorti sous une couverture marno-calcaire.

Les terrains marno-calcaires appartiennent soit au Crétacé, soit à l'Éocène ; et même certaines marnes grises des environs de Tissa, en particulier sur la rive droite de l'Oued Leben, doivent être rattachées au Crétacé, malgré leur ressemblance avec des marnes du Miocène ou de l'Éocène inférieur. L'étude de ces régions est très délicate, ainsi que je l'ai fait remarquer

---

(¹) Capitaine Pierrat, *Étude sur le rocher de sel de Tissa* (*Bull. bimestriel de la Soc. de Topog. de France*, 38, II, mars-avril 1914, p. 63-68).

(²) L. Gentil, *Notes d'un voyage géologique à Taza (Maroc septentrional)* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, 18, 1918, p. 161-162).

(³) P. Russo, *Étude géologique sommaire de la Vallée de l'Innaouene* (*Rev. Géog. marocaine*, 5, II, 1926, p. 40).

ailleurs, par suite de l'identité de faciès entre des sédiments très différents comme âge et souvent aussi par leur modification au voisinage du Trias.

Le Crétacé existe au Sud-Est de Tissa, sur la piste de Bab-Sedrata à Taza, où des marnes grises renferment, à l'Ouest du douar Hameidou, des débris d'*Aptychus*. De même, des *Aptychus* nombreux se trouvent dans les marnes grises des environs du Djebel Seddina.

D'autre part, au Nord-Ouest de Tissa, non loin du douar des Od b. Saddene, dans une carrière exploitée pour l'empierrement de la route de Fès à Aïn Aicha, j'ai recueilli une faune intéressante d'Ammonites et de Céphalopodes déroulés d'âge albien (d'après les déterminations de M. Ch. Jacob).

Le premier type de gisement marneux à *Aptychus* et *Bélemnites* serait du Néocomien *sensu lato*: le deuxième, de l'Albien marno-calcaire certain.

Ainsi donc, le Crétacé descend assez bas vers Fès, sur la Feuille Fès Nord-Est, et les affleurements que j'ai récemment repérés s'alignent sur la bande qui passe au Sud de Moulay bou Chta où je l'avais rencontré autrefois. Ce Crétacé doit faire l'objet d'une étude d'ensemble de la part de M. Lacoste au Nord (¹) et de M. Marçais à l'Est. Il s'agit de formations de mer profonde, dont le faciès est très différent de celui des rides prérifaines, où le Crétacé est néritique.

Le Crétacé des environs de Tissa indique le passage aux formations si remarquables décrites sommairement à l'Est par MM. Marçais, Duhoux, Leewijck (²). Ces auteurs signalent en effet *Aptychus Didayi*, *A.* cf. *Seranonis*, *A. angulicostatus* dans le Crétacé inférieur.

Quant au Nummulitique, il serait représenté par des marno-calcaires blancs sans fossiles, situés au-dessus du Crétacé, ou bien par des calcaires ou grès à petites Nummulites ou à Miliolidés.

GÉOLOGIE. — *Sur les* Angaras *de l'Indochine méridionale à l'Est du Mékong*. Note de M. **Edmond Saurin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les terrains sédimentaires post-hercyniens présentent dans l'Indochine méridionale, à l'Est du Mékong, des caractères analogues. *De l'Ouralien*

(¹) J. Lacoste a reconnu sur la Feuille M^y b. Chta tous les étages inférieurs du Crétacé depuis le Valanginien jusqu'au Vraconnien (*C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 15 décembre 1930, p. 213-214).

(²) J. Marçais, Duhoux et Leewijck, *Sur la présence du Crétacé inférieur dans la partie méridionale du Rif oriental* (*C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 18 mai 1931, p. 119-121).

jusqu'au Lias supérieur, ils sont constitués par des sédiments essentiellement détritiques, gréseux ou gréso-schisteux, résultant de la démolition des chaînes hercyniennes. Ces formations détritiques admettent, localement et à des époques diverses, des épisodes marins et des épisodes éruptifs. Ceux-ci marquent des oscillations du socle continental hercynien de l'Indochine du Sud, selon des pulsations orogéniques lentes et continues.

Dans les régions dont l'étude m'a permis de formuler cette conclusion, on peut distinguer, de l'Est à l'Ouest, trois unités géologiques essentielles : 1° le massif sud-annamitique ; 2° le sillon cochinchinois ; 3° le môle cambodgien.

I. *Le massif sud-annamitique.* — Zone montagneuse, émergée en grande partie dès la mise en place de puissantes intrusions granitiques, dernier épisode des mouvements hercyniens, le massif sud-annamitique est caractérisé par une prédominance des épisodes éruptifs. Au-dessus de ce granite, d'âge anthracolithique inférieur, on observe les successions suivantes :

1. Des porphyrites, bien développées dans les chaînes du Khanh-Hoa; ces roches, se trouvant aussi, d'une part en filons dans le granite, d'autre part à l'état de galets ou d'inclusions dans les brèches et tufs éruptifs postérieurs, sont attribuables à l'Ouralien.

2. Des masses de dacites et rhyolites, reposant sur les porphyrites, ou, localement, sur le complexe gréso-schisteux suivant, et attribuables en majeure partie au Permien.

Les porphyrites, les dacites et rhyolites des précédentes successions admettent comme équivalent latéral un complexe gréso-schisteux (1 et 2), formé d'alternances de schistes gris et de grès verts ou gris, feldspathiques, parfois arkosiques, à quartz nourris et à muscovite secondaire. Ce complexe ouralo-permien repose sur le granite ou sur les terrains antérieurs.

3. Une formation schisto-gréseuse rouge ou violette, débutant par un poudingue de base plaqué contre le complexe gréso-schisteux ouralo-permien. A Pongour, cette formation contient des intercalations de cinérites et de tufs dacito-rhyolitiques. Dans la région de Dran, elle passe à des tufs éruptifs, qui l'envahissent totalement, et elle supporte des rhyolites. Près de Gourang-Deung, les couches terminales sont des schistes et grès bigarrés à débris de végétaux et de Lamellibranches. Cet ensemble correspond vraisemblablement à la fin du Permien et au Trias inférieur et moyen. Avec lui se termine, dans le massif sud-annamitique, la série des Angaras.

II. *Le sillon cochinchinois.* — Cette zone, affaissée, à tendances syncli-

nales, présente, à l'inverse du massif sud-annamitique, une prédominance des épisodes marins.

Sa bordure sud-orientale montre un grand développement du complexe détritique gréso-schisteux. Les grès verts avec intercalations de schistes noirs ou gris, pyriteux, semblent correspondre à l'Ouralo-Permien, au Trias et au Lias inférieur, le Permo-Trias étant toutefois représenté par endroits par des émissions rhyolitiques. Des débris végétaux (*Clathropteris* sp.) sont assez fréquents dans la partie post-triasique de ce complexe. Ces formations se terminent à Trian et à Thien Quan par un épisode marin. A Trian, des schistes gris avec rares intercalations de grès verts contiennent notamment : *Hildoceras* (*Lillia*) *Lantenoisi* Mansuy, *Pecten* (*Amussium*) *pumilus* Lmk. var. *donaiense* Mansuy, *Trigonia striata* Mill. Des débris végétaux y voisinent avec les Ammonites, donnant à ce Toarcien marin un caractère littoral. A Thien Quan, la faune contenue dans ces grès verts calcareux est moins caractéristique, mais indique aussi le Lias moyen ou supérieur (*Astarte* cf. *cincta* Goldf., *Plicatula* cf. *spinosa* Sow.).

La bordure nord-orientale du sillon cochinchinois, dans la vallée du moyen Donnaï, au Nord de Ta Lai, présente la coupe suivante : 1° Dacites (Permien); 2° Grès et schistes noirs pyriteux à empreintes végétales (Permo-Trias); 3° Schistes argileux et grès bigarrés à débris végétaux (Trias moyen); 4° Schistes argileux à *Halobia* cf. *Moussoni* Merian et *Thisbites* sp., que cette Ammonite date du Carnien.

III. *Le môle cambodgien à l'Est du Mékong.* — Dans les provinces de Stung Treng et de Kratié, on peut relever la succession suivante : 1° Porphyrites (Ouralien); 2° Schistes verts; 3° Lentilles de calcaires silicifiés à *Fusulina* cf. *Douvillei* Col. [1] et à crinoïdes et de calcaires à *Fusulina* sp. et à *Monogenerina* aff. *atava* Spandel; ces affleurements très réduits de couches permiennes à Fusulines émergent au milieu des dépôts suivants; 4° Grès verts reposant sur les porphyrites et, localement, sur les calcaires à Fusulines précédents; ils passent par endroits, en particulier à leur base, à des poudingues ou à des conglomérats bréchoïdes (Permien); 5° Schistes gréseux et grès lie de vin, contenant des quantités de bois fossiles (*Araucarioxylon*); des bancs très minces et très rares de calcaire panaché s'observent au sein de cette formation, attribuable au Trias inférieur; 6° Aux confins du Darlac, des schistes et des grès noirs à faune marine (*Pachycardia*, sp.), puis des schistes gréseux

(1) Détermination de M. Jean Gubler.

bruns représentent sans doute le Trias moyen et supérieur, épisode marin localisé à la bordure nord du massif sud-annamitique; 7° Des grés blancs ou gris clairs, micacés, équivalents des « grès supérieurs » connus dans le reste de l'Indochine, formant entre Lom Phat et Sre Chis un plateau parfaitement horizontal légèrement discordant sur le Trias lie de vin, sont attribuables au Rhétien, au Lias et à des niveaux plus récents encore.

Ces observations stratigraphiques permettent de paralléliser les dépôts post-hercyniens des trois pays étudiés. Elles indiquent notamment la généralité de l'existence à leur base de porphyrites, comme dans l'Indochine du Nord (1), et d'un complexe schisto-gréseux détritique dont l'extension verticale est plus ou moins grande selon les régions considérées.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de l'Éocène marin à Fouta (Afrique équatoriale française).* Note de MM. **J. Lombard** et **D. Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours des travaux exécutés dans les marais de la Loémé, à Fouta (30km au SSE de Pointe-Noire), M. l'Administrateur Pecheyrand a signalé la présence de coquilles fossiles dans des argiles sableuses, dissimulées sous les sables récents. En attendant une étude complète, qui sera faite par celui d'entre nous qui a récolté la faune (J. L.), nous croyons utile de présenter ici la détermination sommaire (D. Sch.) de quelques échantillons provenant de ce gisement. Il s'agit de spécimens en parfait état de conservation et munis de leur test.

Les Gastéropodes examinés appartiennent au genre *Batillaria*; ils peuvent être répartis en deux espèces bien tranchées et certainement nouvelles, dont l'une, par son galbe et par son ornementation, se rapproche de *Batillaria Rousseli* L. Doncieux, du Sparnacien des Corbières.

Parmi les Lamellibranches, qui appartiennent au genre *Mactra*, plusieurs échantillons sont attribuables à *Mactra semisulcata* Lam. Cette forme, commune dans l'Éocène du Bassin Anglo-Parisien, a été décrite par R. Bullen-Newton (2) dans des dépôts de l'Éocène moyen de la Nigeria à Ameki.

(1) J. Fromaget, *L'Anthracolithique en Indochine après la régression moscovienne* (*Bull. Serv. géol. de l'Indochine*, 19, II, Hanoï, 1931, p. 31 et suiv.).

(2) *Eocene Mollusca from Nigeria* (*Geol. Surv. of Nigeria*, Bull. n° 3, 1922, 114 pages, 11 planches).

Il est manifeste que cette faunule appartient à l'Éocène. Cependant le nombre encore restreint d'échantillons sur lequel ont porté nos observations ne nous permet pas encore d'en préciser le niveau exact. Dès maintenant, on peut cependant avancer que c'est avec le Londonien ou le Lutétien que la faune de Fouta présente le plus d'affinités. Il n'est pas inutile d'ailleurs de noter que les fossiles de l'Éocène de la Nigeria décrits par Bullen-Newton ont été trouvés aussi, en excellent état de conservation, dans des argiles sableuses souvent micacées, comme celles de Fouta.

Jusqu'ici, la présence de l'Éocène en Afrique équatoriale française et au Gabon n'avait pas été établie avec certitude (1). Pechuel-Loesche a rapporté, d'une exploration faite sur la côte de Loango, des fossiles provenant de Cacongo (près de l'embouchure du Chiloango) et étudiés par Lenz en 1877 (2). Ces fossiles ont été trouvés dans une roche très argileuse, finement oolithique, de teinte brun foncé. Ils ont été étudiés à nouveau par Th. Fuchs en 1883. Cet auteur conclut qu'ils ne sont susceptibles d'aucune détermination spécifique et ne permettent de conclure qu'à la présence de Tertiaire sans autre précision. Sur sa carte géologique de l'Afrique (1882), Lenz fait du reste figurer le gisement de Cacongo sous la teinte du Miocène.

La faune de Mollusques de Landana trouvée sur la même côte, au Nord de l'embouchure du Congo en territoire belge, a été rangée par Vincent (3) « entre le Danien proprement dit et le Paléocène ». Oppenheimer (4) a discuté cette assertion et suggéré que la faune de Landana pourrait appartenir à plusieurs niveaux du Tertiaire inférieur. Il a montré que la couche à *Lucina Landanensis* Vincent, du sommet de la coupe de la falaise de Landana, doit appartenir à l'Éocène moyen. Il en serait de même, dans la coupe de Malemba, pour les couches à *Plicatula Malembænsis* Vincent.

Si cette manière de voir est exacte, l'Éocène moyen aurait en Afrique

---

(1) L'un de nous avait cru pouvoir regarder comme Tertiaire les dents de *Lamna* provenant de la falaise de Pointe-Noire. Depuis, l'extension des travaux du port a montré que ce niveau à dents de poissons était intercalé dans le Crétacé supérieur (J. L.).

(2) Lenz, *Petrefakten von der Loango-Küste* (*Westafrika*) (*Verh. der k. k. Geolog. Reischsanst.* Wien, 16, 1877, p. 278).

(3) E. Vincent, L. Dollo, M. Leriche, *La faune paléocène de Landana* (*Ann. du Musée du Congo belge*, 3e série, 1, 1, 1913, p. 1-92, pl. I-X).

(4) P. Oppenheimer, *Die eocäne Invertebratenfauna des Kalksteins in Togo*, p. 111 (*Beiträge zur geol. Erforschung der deutschen Schutzgebiete*, H. 12, 1915, 126 pages, 5 planches).

une extension considérable. Le gisement de Landana et celui de Fouta, que nous signalons ici, seraient des jalons entre les affleurements du Sud-Ouest africain et de l'Angola (Mossamedes) et ceux du Cameroun, de la Nigeria et du Togo.

BIOLOGIE FLORALE. — *La déhiscence de l'anthère du Lis blanc.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Louis Mangin.

On admet dans les traités de botanique les plus récents que la déhiscence des anthères, c'est-à-dire l'ouverture des sacs polliniques et la mise en liberté du pollen, est un phénomène essentiellement mécanique, n'ayant aucune relation avec la vie de l'étamine.

La déhiscence des anthères aurait pour cause première la disposition des bandelettes lignifiées des cellules de l'assise sous-épidermique des parois des sacs polliniques appelée pour cette raison assise mécanique, et pour cause occasionnelle, la dessiccation due à l'état du milieu extérieur au moment de l'épanouissement de la fleur. Sous l'action de la dessiccation la face externe des cellules de l'assise mécanique en se contractant plus que la face interne tend à recourber la paroi des sacs polliniques vers l'extérieur, ce qui produit une grande tension sur la cloison séparatrice de deux sacs polliniques contigus. La tension devient alors si forte qu'elle provoque une déchirure de chaque côté de cette cloison tout le long de la ligne de moindre résistance puis le recourbement des parois fendues et la mise en liberté du pollen.

Cette manière de voir paraît d'autant plus exacte que lorsque l'on fait une coupe dans une anthère déhiscente desséchée et qu'on la place dans une goutte d'eau sur la lame de verre pour l'observer au microscope, on voit les cellules contractées de l'assise mécanique, se dilater, les parois des sacs polliniques se recourber, puis se refermer en reprenant leur position initiale avant la déhiscence. Si on laisse l'eau s'évaporer, les parois se desséchant, s'écartent, ouvrant à nouveau les sacs polliniques (même lorsque l'anthère est morte). Or en réalité rien de plus inexact que cette interprétation, car, ainsi que nous allons le voir, elle résulte d'un examen trop tardif de l'anthère mûre; l'examen aurait dû être fait pendant et non après l'élaboration des véritables phénomènes de la déhiscence. En effet, comme je l'ai d'ailleurs

remarqué pour les anthères du Pavot [1], la déhiscence de l'anthère du Lis blanc ne s'accomplit pas à l'air libre dans un milieu sec mais dans l'intérieur du bouton, cinq ou six jours avant son épanouissement. Pour le voir on n'a qu'à ouvrir un jeune bouton et à regarder avec une loupe une des anthères. On aperçoit alors au fond du sillon qui sépare deux sacs polliniques la fente de déhiscence décelée par une ligne jaune de grains de pollen allant sortir.

En faisant une coupe transversale dans cette anthère, qu'on examine dans le réactif vital dont je me suis servi pour étudier la nécrobiose [2], on constate que les cellules de l'assise épidermique, comme celles des assises mécaniques et intermédiaires sont vivantes et en pleine turgescence. Par conséquent les cellules de l'assise mécanique n'ont joué aucun rôle dans la production de la fente qui est l'acte fondamental de la déhiscence. Ces cellules à bondelettes lignifiées ne jouent d'ailleurs qu'un rôle de soutien. C'est autour du connectif, là où se fait sentir tout le poids des sacs polliniques qu'elles sont les plus nombreuses.

Pour expliquer la formation de la fente on pourrait supposer comme Strasbürger et dernièrement J. M. Schneider, que ce sont les grains de pollen qui en grandissant ont fait éclater les sacs polliniques. Mais c'est là une raison insuffisante, parce qu'à mesure que les sacs de pollen grossissent, les assises nourricières disparaissent pour leur faire de la place.

Nous pourrions encore invoquer comme A. Chatin et plus récemment Z. Woycicki [3], pour les anthères d'autres Liliacées le rôle de ces curieuses cellules épidermiques qui se développent au fond du sillon près de la ligne de déhiscence, et que Coulter et Ch. Chamberlain ont appelées cellules stomiales. Elles sont particulièrement développées dans le Lis blanc. Ces cellules en s'affrontant au fond du sillon, pourraient peut-être, par leur croissance rapide faire sauter les deux petites cellules crampons retenant l'extrémité de la paroi de chaque loge pollinique. Or toutes ces hypothèses s'écroulent, si l'on prend la précaution de suivre l'évolution des cellules du tissu de la paroi séparatrice de deux sacs polliniques contigus, en faisant

---

(1) PAUL BECQUEREL. *La fécondation du Pavot* (*Comptes rendus*, 148, 1909, p. 357).

(2) P. BECQUEREL, *Observations sur la nécrobiose* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 601).

(3) WOYCICKI, *Rôle du stonium dans la déhiscence* (*R. de Bot.*, 36, 1924, p. 197).

des coupes transversales comparatives dans les anthères aux différentes étapes de leur développement jusqu'au moment de la déhiscence.

Au début on constate, que la région de la paroi séparatrice comprise entre le sillon et les grande cellules à bandelettes lignifiées s'approchant du connectif est constituée par un parenchyme de petites cellules à gros noyaux à membranes minces, 7 à 8 assises allant d'une loge à l'autre, 3 ou 4 assises en profondeur vers le connectif. Bientôt au-dessous des cellules crampons 3 ou 4 cellules sous épidermiques prennent des épaississements spiralés. Ce sont des vaisseaux spiralés très courts, se continuant dans toute la longueur de l'anthère mais n'ayant aucune correspondance avec les vaisseaux du connectif. Ces vaisseaux que nous avons découverts ne servent que quelques jours. Le début de leur disparition par résorption est le signal d'un phénomène physiologique important, celui de la secrétion d'une diastase lysigène attaquant les membranes des petites cellules de la paroi séparatrice. Les petites cellules, à la suite de la dissolution de leur ciment intra-cellulaire se détachant les unes des autres, se dissocient, meurent puis se dissolvent peu à peu. Il est facile de suivre toutes les étapes de leur nécrobiose dans notre réactif vital. Comme les cellules crampons se séparent en même temps que les autres, non seulement il se produit un canal mettant en communication les deux sacs polliniques, mais encore il y a communication avec l'extérieur, ce qui engendre la fente de déhiscence. Dans quelques jours, dès que la fleur s'ouvrira les parois des sacs polliniques fendus perdant leur turgescence se dessécheront. Nous assisterons alors à leur recourbement vers l'extérieur et à la mise en liberté du pollen.

Le phénomène capital dans la déhiscence de l'anthère du Lis blanc est donc tout entier dans l'évolution du tissu transitoire de la paroi séparatrice, dans sa dissociation cellulaire et sa lyse sous l'influence d'une diastase particulière. C'est là un cas que l'on retrouvera dans les anthères de beaucoup d'autres espèces s'ouvrant avant l'épanouissement de la corolle.

BOTANIQUE. — *Nouvel argument en faveur de l'hypothèse d'une origine hybride pour* Bromus Gussonii *Parlat.* Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Molliard.

Le genre *Bromus* comprend quelques espèces, qui, au lieu des trois étamines, normales chez la plupart des Graminées de nos régions, n'en présentent habituellement que deux. Cette particularité, qui avait échappé

aux anciens auteurs, paraît totalement négligée des modernes et ne semble avoir été vraiment reconnue que par quelques botanistes du siècle dernier. Il faut y joindre, parmi les précurseurs, Curtis, qui attribua dès 1777, à l'une de ces espèces, le nom de *B. diandrus*. Ce binome ne pouvait subsister, la plante étant la même que *B. madritensis* L. (1755); mais il attirait l'attention sur le nombre des étamines, et cette espèce est ordinairement la seule que l'on mentionne comme diandre. Quelques auteurs y joignent cependant *B. rubens* L.; d'autres, très rares (Bertoloni, Ascherson et Græbner), *B. maximus* Desf. ou *B. villosus* Forssk. Je ne m'étendrai quelque peu que sur ces deux dernières espèces; qu'il me suffise de noter ici que la diandrie est, en effet, un caractère normal de *B. madritensis* et de *B. rubens*.

Pour les deux précédentes, il faut d'abord apporter à leur détermination spécifique quelques précisions nécessitées par une synonymie assez confuse. Nous espérons avoir montré [1], d'après la morphologie externe et l'étude des peuplements naturels, qu'il convient de distinguer dans ce groupe une forme spécifique légitime : *B. rigidus* Roth, et un ensemble polymorphe, *B. Gussonii* Parlat, qui paraît résulter du croisement de *B. rigidus* avec *B. sterilis* L.

Des expériences sont en cours pour contrôler cette hypothèse; mais l'observation des étamines chez ces trois espèces me paraît apporter à notre manière de voir une nouvelle confirmation.

Si l'on définit strictement, comme nous l'avons fait, *B. rigidus*, on peut, en effet, constater que les fleurs sont toujours diandres, et que les étamines ont des anthères très courtes (de $0^{mm},3$ à $0^{mm},5$). Cette observation est valable aussi bien pour l'espèce principale que pour la variété *gracilis* A. de Cugnac [2].

B. Gussonii, au contraire, présente un nombre variable d'étamines, tantôt deux, tantôt trois, et cela non seulement dans une même panicule, mais très fréquemment dans un même épillet. Le plus souvent, dans l'épillet, c'est seulement la première ou les deux premières fleurs qui sont triandres, les autres étant diandres, mais j'ai pu observer aussi l'inverse, les cinq ou six fleurs fertiles étant diandres, et la terminale, incomplète, triandre. De plus, la dimension des anthères est aussi inconstante. Elles sont tantôt de la même taille que chez *B. rigidus*, tantôt beaucoup plus longues (de 1^{mm} à $1^{mm},3$), tantôt encore intermédiaires.

(1) A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. Bot.*, 78, 1931, p. 327.

(2) *Ibid.*, p. 338.

Or si l'on examine les fleurs de *B. sterilis*, on constate que les étamines y sont toujours au nombre de trois, et qu'elles ont de longues anthères (de 1^{mm} à $1^{mm},3$), semblables à celles qu'on observe souvent chez *B. Gussonii*.

L'équipement staminal des fleurs de *B. Gussonii* paraît donc être tantôt identique à celui de *B. rigidus*, tantôt à celui de *B. sterilis*, tantôt intermédiaire. Si l'on accorde, comme on fait d'ordinaire, une valeur particulière de démonstration aux variations des organes reproducteurs, en ce qui concerne la présomption d'hybridité, on ne pourra manquer, semble-t-il, de voir dans ces observations un argument intéressant en faveur de cette présomption.

Certains auteurs signalent aussi la réduction de l'androcée à une seule étamine, chez *B. maximus* et *B. madritensis*. Il s'agit sans doute là d'une variation extrême due au déséquilibre produit par le croisement, et rapportée par erreur à l'espèce principale. De même que *B. Gussonii*, l'hybride entre *B. madritensis* et *B. sterilis* (× *B. Fischeri* A. de C.) est en effet fréquent et relié à l'espèce mère par une série d'intermédiaires.

BOTANIQUE. — *Sur les propriétés d'imbibition du collenchyme.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

Le collenchyme est actuellement considéré comme un tissu de soutien périphérique à membranes cellulosiques épaissies par voie centripète, soit suivant les angles des cellules, collenchyme angulaire, soit d'une manière plus générale, collenchyme rond. D'anciens auteurs (Sachs, Duchartre) lui avaient attribué une certaine capacité d'imbibition et de gonflement, mais cette manière de voir semble avoir été abandonnée, elle a même été formellement niée par Van Tieghem dans son Traité de Botanique.

De nombreuses observations portant sur des collenchymes de plusieurs espèces et appartenant soit au type angulaire, soit au type rond me permettent d'affirmer l'existence chez les membranes collenchymateuses d'une capacité d'imbibition très supérieure à celle que peuvent présenter les membranes pecto-cellulosiques autres que celles dont les propriétés mucilagineuses sont bien connues.

Des coupes minces pratiquées sur des organes frais sont desséchées à l'air libre sur la lame porte-objet. Après un certain temps, variable suivant la température et la teneur hygrométrique de l'atmosphère, on constate une

modification considérable des éléments collenchymateux; la cavité cellulaire s'est agrandie et les membranes se sont amincies par contraction sur la lamelle moyenne, à tel point que l'on se trouve en présence d'un parenchyme presque normal montrant seulement un médiocre épaississement correspondant surtout aux angles. Par un temps sec et chaud, cette modification se produit en quelques minutes et peut être suivie sous le microscope. Si l'on porte une goutte d'eau au contact de la coupe desséchée, les membranes collenchymateuses reprennent instantanément leur aspect primitif.

La différence d'épaisseur entre les membranes normales et les membranes déshydratées permet d'évaluer parfois jusqu'au 4/5 la part qui revient dans cette épaisseur à l'eau d'imbibition.

Les mêmes phénomènes se produisent dans les organes en voie de fanaison, mais il y a lieu, dans ce cas, de noter que la désimbibition des membranes collenchymateuses est très lente.

Le gonflement des membranes fraîches du collenchyme par l'eau pure peut également être observé et a d'ailleurs déjà été signalé par Devaux comme pouvant se produire au bout de 24 heures dans le collenchyme du pétiole d'*Aralia*. D'après mes observations, ce gonflement est à peine appréciable chez les espèces dont les organes sont normalement riches en eau (*Lamium*, *Arum*); je l'ai d'autre part constaté d'une manière très nette après deux ou trois heures pour le collenchyme du Lierre.

L'étude microchimique des membranes du collenchyme montre une lamelle moyenne épaissie suivant les angles et de nature purement pectique, puis une zone qui comprend la plus grande partie de l'épaisseur de la membrane et qui présente à la fois les réactions des substances pectiques et cellulosiques, enfin une mince pellicule qui tapisse la cavité cellulaire et paraît formée d'une cellulose sans mélange pectique, difficilement colorable et très résistante à l'action de la liqueur cupro-ammoniacale. Les phénomènes d'inbibition et de désimbibition affectent tout particulièrement la partie de la membrane à la fois pectique et cellulosique, la pellicule cellulosique interne n'y prenant aucune part.

Ces phénomènes paraissent bien constituer une propriété spéciale du collenchyme : en effet, la dessiccation des membranes cellulosiques épaissies, telles que celles des fibres du Lin, ne produit qu'une légère contraction de l'ensemble de l'élément, contraction qui s'effectue en direction centripède et en diminuant la cavité cellulaire.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence accidentelle du sélénium dans certains végétaux*. Note de M. **Taboury**, présentée par M. Delépine.

En 1909 (1) j'ai indiqué la présence du *sélénium* dans les eaux minérales de La Roche-Posay (Vienne). Comme cet élément est très peu répandu dans les eaux (celles de La Roche-Posay sont les seules, je crois, qui en contiennent en France), il m'a paru intéressant de voir si certaines plantes ne seraient pas susceptibles d'accumuler le sélénium dans leurs tissus.

Je n'ai pas cherché à cultiver dans un sol type arrosé avec des solutions contenant des composés solubles du sélénium des plantes diverses. J'ai étudié, pour l'instant, celles qui, se développant spontanément *dans* le canal d'évacuation des eaux minérales de La Roche-Posay ou *sur* son bord maintenu toujours humide par ces eaux, pouvaient par leur végétation assez intense me faire espérer trouver dans leurs tissus le métalloïde cherché, puisqu'elles semblaient trouver des conditions favorables à leur développement.

Trois espèces ont été jusqu'ici étudiées. Ce sont : le *Sium latifolium* L., la *Scrofularia aquatica* L., et le *Pastinaca sativa* L.

En opérant sur 400g de plantes vertes prélevées en octobre, il m'a été possible de déceler la *présence certaine du sélénium* dans les cendres du *Sium* et du *Pastinaca*, alors que le résultat a été négatif avec la *Scrofularia*.

La méthode de recherche a été la suivante : Après séchage à l'air les plantes sont incinérées à température aussi basse que possible pour éviter la fusion des cendres et l'attaque des capsules en porcelaine. La portion soluble à l'eau est reprise après évaporation par l'eau alcoolisée titrant 35°. Cette solution, évaporée à sont tour, est traitée au bain-marie par 5^{cm^3} de ClH. Avant évaporation complète, on épuise par 4^{cm^3} d'eau en deux fois, et c'est dans la liqueur ainsi obtenue, maintenue à 100° que l'on ajoute 1^{cm^3} de solution de bisulfite de sodium. Au bout de quelques instants, le sélénium précipite en rouge.

Je poursuis les recherches dans cette voie.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 5, 1909, p. 865.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les lipoxydases des graines de* Glycine soja (*Sieb.*) *et de* Phaseolus vulgaris (*L.*). Note de MM. **Émile André** et **Kiawo Hou**, présentée par M. Delépine.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons signalé qu'il existe dans la graine de soja un ferment oxydant capable de transformer l'huile contenue dans cette graine en un produit possédant tous les caractères d'une huile qui aurait été oxydée par injection d'air à chaud (huile épaissie).

Ces premiers résultats nous ont amenés à rechercher la présence des oxygénases et des peroxydases dans les graines de diverses variétés de soja ; nous avons examiné à ce point de vue six variétés différant entre elles par leur origine géographique, leur taille et leur couleur. Ces graines, broyées et triturées dans l'eau, ont été soumises : 1° à l'essai avec la teinture de gaïac ; 2° à l'essai avec l'eau gaïacolée. En aucun cas, nous n'avons réussi à déceler la présence d'un ferment oxydant direct : par contre, l'addition d'une petite quantité d'eau oxygénée fit très rapidement apparaître les réactions colorées caractéristiques. Le ferment oxydant de la graine de soja, capable d'oxyder directement l'huile, nécessite cependant l'emploi de l'eau oxygénée pour oxyder la teinture de gaïac ou l'eau gaïacolée.

Nous avons soumis aux mêmes essais d'autres graines provenant de plantes voisines du genre Glycine, notamment les graines de *Dolichos lablab* (L.), de *Dolichos melanophtalma* (D. C.) et de *Phaseolus vulgaris* (L.) ([2]). Nous avons reconnu que les graines de *Dolichos lablab* se comportent vis-à-vis des réactifs des oxydases de la même façon que celles de soja; les graines de *Phaseolus vulgaris* donnent les mêmes réactions mais beaucoup moins nettes; enfin les graines de *Dolichos melanophtalma* ne donnent pas de réaction avec la teinture de gaïac et ne colorent que très faiblement l'eau gaïacolée.

Nous avons réalisé avec ces diverses graines et les graines de soja les expériences suivantes :

Chaque sorte de graines a été broyée. A celles qui ne renfermaient pas d'huile (*Dolichos lablab*, *Dolichos melanophtalma*, *Phaseolus vulgaris*, con-

---

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 645.

([2]) Thunberg d'une part et Nitzescu et Cosma, d'autre part, avaient déjà signalé la présence de déshydrogénases dans les graines de soja et de haricot (*Arch. intern. de Physiol.*, 18, 1921, p. 601, et *C. R. Soc. biol.*, 89, 1923, p. 1247).

tiennent au plus 2 pour 100 de lipides), nous avons ajouté de l'huile de soja en proportion telle que le mélange en contienne 17 pour 100. Les poudres huileuses ainsi obtenues ont été amenées en pâte par malaxage avec leur poids d'eau, ces pâtes étalées sur une cuvette photographique ont été séchées ensuite à l'étuve à 40°. Enfin le résidu de la préparation du « Teau-fou » ([1]) a été additionné d'huile de soja en quantité suffisante pour en ramener la teneur à 17 pour 100 du poids sec.

Chaque expérience a été doublée d'une autre exécutée dans les mêmes conditions à cette différence près que le produit mis en œuvre avait été soumis pendant quelques instants à l'action de l'eau bouillante.

L'huile des produits séchés a été enfin extraite par l'éther; les résultats de l'examen des divers échantillons obtenus figurent dans le tableau suivant :

Nature des échantillons d'huile de soja et traitements subis.	Densité D_4^{15}.	Indice d'iode (Hanus).	Indice de saponification.	Indice d'acétyle (André).	Indice d'acidité
1. Huiles extraites des graines par l'éther :					
Les graines de *Glycine soja* ont été broyées :					
(A) à sec et épuisées aussitôt par l'éther..	0,9278	124	192	9,2	2,6
(B) avec l'eau et séchées à 40°...........	**0,9417**	**110**	**203**	**22,9**	**6,9**
(C) avec l'eau, cuites et séchées à 40°.....	0,9251	125	195	6,2	3,8
2. Huiles extraites par l'éther de la pâte (préalablement séchée à 40°) faite avec de l'huile commerciale (§ 3), du résidu de fabrication de Teau-fou ou de la farine de diverses graines :					
Huile commerciale ayant été émulsionnée dans la pâte de :					
(D) résidu de fabrication de Teau-fou, cru.	**0,9451**	**113**	**204**	**25,9**	3,9
(D) résidu de fabrication de Teau-fou, cuit.	0,9284	132	194	4,7	1,4
(E) farine de *Phaseolus vulgaris*, crue..	**0,9384**	**123**	**198**	**18,3**	3,0
(E) farine de *Phaseolus vulgaris*, cuite..	0,9267	130	191	6,9	1,8
(F) farine de *Dolichos lablab*............	0,9299	128	194	11,3	4,6
(G) farine de *Dolichos melanophtalma*...	0,9271	129	190	9,0	6,3
3. Huile de soja commerciale n'ayant subi aucun traitement..............................	0,9271	131	192	6,7	1,4

De l'examen de ces données expérimentales, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les graines de *Glycine soja* et de *Dolichos lablab* qui se comportent identiquement vis-à-vis des réactifs des oxydases et peroxydases, se com-

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 645.

portent d'une façon opposée vis-à-vis de l'huile de soja que les premières seules oxydent.

2° Les graines de *Phaseolus vulgaris*, bien qu'elles colorent plus faiblement les réactifs des oxydases que celles de *Dolichos lablab* oxydent cependant l'huile de soja.

3° Les graines de *Dolichos melanophtalma* n'ont montré que de très faibles propriétés fermentaires oxydantes.

4° L'action des lipoxydases est indépendante de celle des peroxydases, il s'agit bien de ferments spécifiques d'oxydation des lipides.

ZOOLOGIE. — *Sur l'absence d'appareil copulateur chez certains individus de* Bullinus contortus (*Mich.*). Note [1] de M. **Marc de Larambergue**, présentée par M. M. Caullery.

Dans des élevages de *Bullinus contortus* faits en vue de l'étude de l'autofécondation, à partir de Mollusques provenant de Corse et que je dois à l'obligeance de M. E. Brumpt, j'ai constaté, chez une partie des individus, l'absence d'organe copulateur.

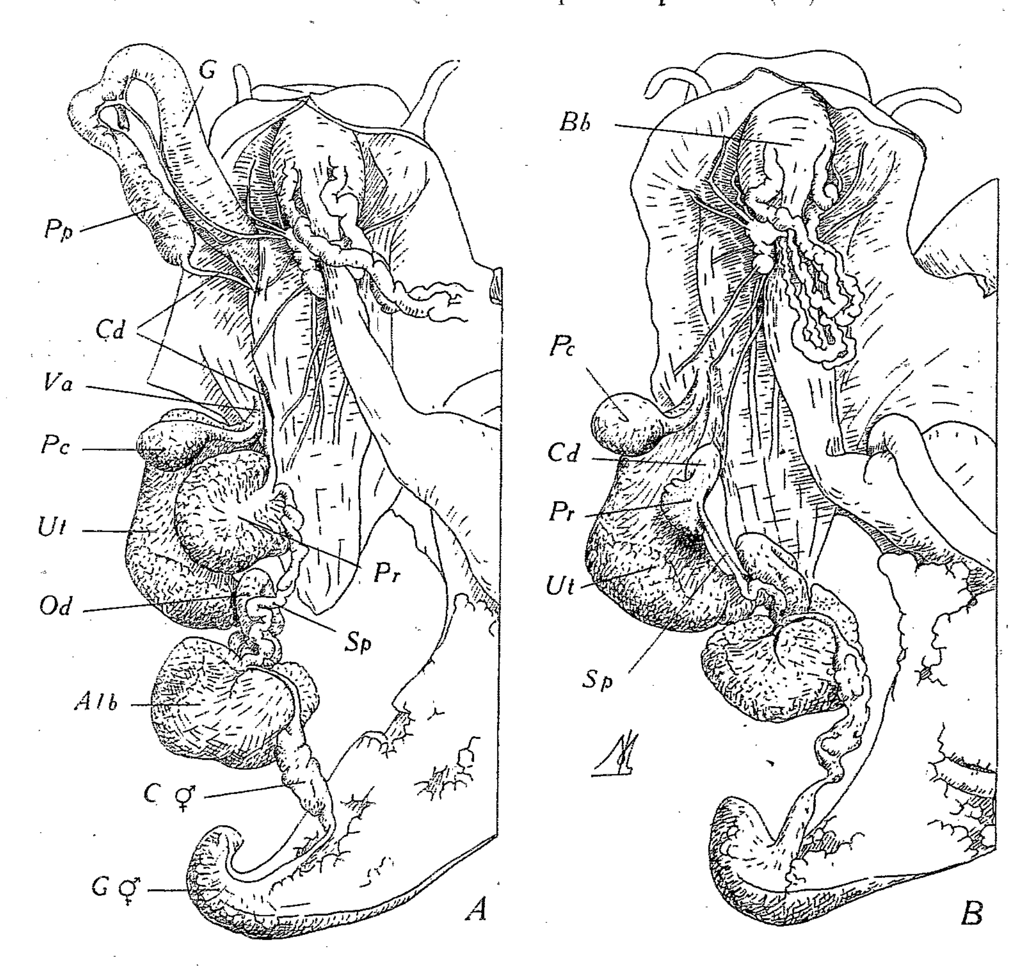
La constitution normale de l'appareil génital chez le Bullin est celle d'un Pulmoné diaulique à orifices génitaux séparés et comprend un organe copulateur volumineux logé dans la cavité générale, à gauche du bulbe buccal. Pour simplifier je désignerai ce type normal sous le nom de type A ; réservant celui de type B aux mollusques dont l'appareil copulateur fait défaut.

Les figures qui accompagnent les descriptions succinctes données dans cette Note permettront de saisir les différences fondamentales qui séparent les deux types.

Type A (*fig.* A) : L'appareil génital normal de *Bullinus contortus* comprend une glande hermaphrodite (G ⚥) à l'extrémité du tortillon, ses nombreux acini confluent vers un réceptacle commun, situé contre la columelle et donnant naissance au canal hermaphrodite (C ⚥). Ce canal présente, dans la partie moyenne de son cours, une dilatation munie de diverticules généralement bourrés de spermatozoïdes accumulés, il vient déboucher au carrefour des voies génitales où se déversent les sécrétions de la glande de l'albumine (*Alb*), et où prennent naissance l'oviducte et le spermiducte. L'oviducte (*Od*) conduit à un organe volumineux et arqué, l'utérus (*Ut*), dont la face convexe à des parois fortement glandulaires tandis que, sur la face concave à

(1) Séance du 4 juillet 1932.

paroi mince, vient s'appliquer la prostate, lorsque les organes sont en place. Un vagin (*Va*), qui se rétrécit progressivement, fait suite à l'utérus et débouche à l'orifice femelle, à la base du cou du côté gauche, une poche copulatrice (*Pc*) lui est annexée.



Le spermiducte (*Sp*), plus ou moins pelotonné, longe l'oviducte et aboutit à la prostate (*Pr*). Cet organe, qui se moule dans la concavité de l'utérus, et sur lequel s'applique la poche copulatrice, a une forme grossièrement hémisphérique, due à la disposition régulière de ses nombreux acini glandulaires autour d'une sorte de réceptacle, d'où se détache le canal déférent (*Cd*). Ce dernier, comme c'est le cas chez les Pulmonés à orifices génitaux séparés, longe le vagin et s'insinue sous la musculature latérale, avant de reparaître, libre, dans la cavité générale, à la base de la gaine. L'appareil copulateur, auquel il se relie, se compose de deux parties grossièrement cylindriques, la poche du pénis (*Pp*), en forme de massue, qui contient le pénis rétracté visible par transparence, et la gaine (*G*), musculeuse et dévaginable, qui

aboutit à l'orifice mâle, situé immédiatement en arrière de la base du tentacule gauche. Ces deux parties sont réunies par un col plus étroit, au niveau duquel se produit une courbure.

Type B (*fig. B*) : Le trait le plus frappant est l'absence complète d'organe copulateur.

A la dissection, les régions situées à droite et à gauche du bulbe buccal (*Bb*) sont analogues par la disposition comparable des faisceaux musculaires et de l'innervation.

Les organes femelles sont normalement développés. Mais la poche copulatrice (*Pc*) paraît reposer directement dans la concavité de l'utérus (*Ut*). Si on la dégage des adhérences conjonctives, on aperçoit entre elle et l'utérus, un organe aplati (*Pr*), qui n'est autre qu'une prostate rudimentaire, dont les acini sont peu nombreux et non développés.

Le spermiducte (*Sp*) qui y conduit est étroit et parfois réduit à un cordon conjonctif. Le canal déférent (*Cd*) qui se détache du réceptacle, se termine tantôt en cul-de-sac effilé, tantôt en ampoule, au voisinage du vagin mais sans communication avec lui.

Les Bullins des types A et B sont tous capables d'autofécondation et l'on peut obtenir, à partir d'individus vierges de l'un ou l'autre type, des descendants présentant les deux modes d'organisation.

La souche des premiers élevages étudiés provenait de Corse; j'avais constaté l'anomalie dans des élevages faits au Laboratoire. Grâce au Dr L. Brimont, j'ai pu disposer récemment d'un lot de *Bullinus contortus* vivants, récoltés au Maroc (région de Marrakech) et constater la présence, dans la nature, des deux types que je viens de décrire. Les 246 mollusques étudiés comprenaient : 182 formes A et 64 formes B; les individus dépourvus d'appareil copulateur constituaient donc environ 25 pour 100 de la population. On ne trouve pas d'états intermédiaires entre les types A et B.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'acuité du sens des variations de convergence.* Note (1) de M. **Y. Le Grand**, présentée par M. Ch. Fabry.

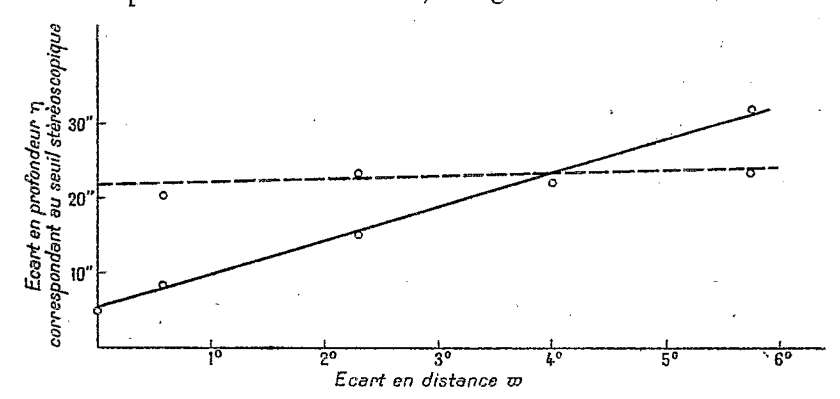
Deux mécanismes distincts concourent à donner en vision binoculaire l'impression de relief : d'une part, la parallaxe stéréoscopique, c'est-à-dire la différence entre les images qui se forment sur les deux rétines, et en particulier le dédoublement de tout objet qui se trouve plus près ou plus loin de l'observateur que le point fixé par le regard ; d'autre part, la variation

(1) Séance du 4 juillet 1932.

de la convergence des axes oculaires lorsque le regard passe d'un point à un autre. A chacun de ces modes de perception correspond une acuité définie comme suit : lorsqu'un observateur regarde deux points éloignés de lui respectivement de d et de $d+p$ (p étant petit vis-à-vis de d), l'angle qui mesure la variation apparente de profondeur entre ces deux points est $\eta = ap/d^2$, a désignant l'écartement des pupilles ; si l'observateur porte M jugements exacts et N inexacts sur la position relative des points, le rapport $M - N/M + N$ mesure l'exactitude de sa perception du relief ; la valeur 0,75 correspond à ce qu'on appelle le seuil stéréoscopique ; la valeur de η pour laquelle on obtient ce seuil stéréoscopique définit l'acuité stéréoscopique.

L'éclairage instantané de l'étincelle électrique permet d'éviter les variations de convergence et d'isoler l'acuité de parallaxe. En opérant ainsi, Langlands (¹) trouve pour η une valeur moyenne de 5,8 secondes sexagésimales. Il semble plus difficile au premier abord de mesurer à part l'acuité du sens des variations de convergence. Nous avons monté dans ce but les expériences suivantes.

Soient deux points lumineux A et B, le segment AB étant vu sous l'angle ϖ.



On peut opérer soit en vision instantanée (A toujours allumé sert de point de fixation, et en B éclate une étincelle), soit en vision alternée (A s'allume pendant une seconde, puis obscurité totale d'une seconde pendant laquelle les yeux quittent A et vont vers B; B s'allume à son tour, etc.). Le point A est fixe, B se trouve à la distance p en avant ou en arrière de A, au hasard. On détermine la valeur de p correspondant au seuil sté-

(¹) LANGLANDS, *Trans. of the Opt. Soc.*, 28, 1926-1927, p. 45.

réoscopique, d'où l'acuité η. Le graphique donnant η en fonction de ϖ montre qu'en vision instantanée η croît à peu près en fonction linéaire de ϖ (courbe en trait plein); on a ainsi l'acuité de parallaxe dont la meilleure valeur est de 5″; en vision alternée (trait discontinu), η varie peu et sa valeur moyenne est de 23″. Si l'on retranche de ces 23″ les 5″ nécessaires pour percevoir le relief, la différence, soit 18″, mesure l'exactitude avec laquelle, dans l'obscurité, donc avec l'aide des seules sensations de convergence, les yeux conservent dans leur rotation la convergence initiale. Par suite ces 18″ mesurent l'acuité du sens des variations de convergence.

Dans une autre expérience, nous employons un seul point lumineux, qui s'avance ou s'éloigne de l'observateur lentement (1^{cm} par seconde environ), l'amplitude de la course étant p. L'observateur doit dire s'il voit le point s'approcher ou s'éloigner. On détermine la valeur de p correspondant au seuil stéréoscopique, d'où l'acuité η; étant donnée la lenteur du déplacement, les yeux fixent constamment le point et par suite seule est perçue la variation de convergence. Par ce procédé on trouve une acuité comprise entre 17 et 20″.

Dans les limites où l'accommodation intervient peu, cette acuité du sens des variations de convergence est indépendante de la valeur absolue de la convergence : depuis 1^{m} jusqu'à l'infini, l'acuité reste aux environs de 18″.

On voit donc que la perception des variations de convergence, sans atteindre la finesse du sens des parallaxes stéréoscopiques, est encore une fonction très déliée.

BIOPHYSIQUE. — *L'influence d'une atmosphère électrique artificielle sur l'ascension de la sève.* Note (1) de M. **Neda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons vu précédemment (2) que, par suite d'un potentiel de contact (3), la veine liquide de sève transporte des charges négatives alors qu'un excès des charges positives est retenu sur les parois des tubes ligneux. Dans ces conditions tout champ extérieur agissant sur la couche électrisée modifie le flux de sève par un effet d'osmose électrique. On peut même

(1) Séance du 4 juillet 1932.

(2) N. Marinesco, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 89.

(3) Dont la nature sera discutée ailleurs.

affirmer que par l'intermédiaire d'un tel potentiel de contact, le végétal est électriquement subordonné au milieu ambiant. Ainsi, comme je l'ai fait ressortir [1], les variations diurnes du champ atmosphérique se répercutent sur un certain nombre de fonctions végétatives telles que la transpiration ou les mouvements de veille et de sommeil des feuilles à renflements moteurs.

Je me propose de montrer qu'une atmosphère électrique créée au-dessus d'une plante agit indiscutablement sur le processus d'ascension de la sève. Tout d'abord à cause de l'électrisation de contact en question, il résulte que chaque fois qu'il se produit des mouvements du liquide à l'intérieur d'un tube ligneux, il en résulte un potentiel de filtration P_f du type Quincke donné par la relation [2]

$$P_f = \frac{\zeta\varepsilon}{4\pi\eta\lambda} p, \tag{1}$$

ζ étant le potentiel de la couche, ε la constante diélectrique, η la viscosité et λ la conductivité spécifique. Si l'on mesure la pression p par le débit V du liquide traversant dans l'unité de temps la section droite d'un capillaire, on trouve d'après la loi de Poiseuille :

$$p = \frac{8V\eta l}{\pi\rho^4}. \tag{2}$$

ρ et l étant respectivement le rayon et la longueur d'un tube. De sorte que le potentiel électrocinétique correspondant à l'ensemble de capillaires ligneux d'une plante est proportionnel au débit de sève qui traverse par seconde une section droite de la tige

$$P_f = \frac{2\zeta\varepsilon}{\pi^2\lambda} \sum \frac{Vl}{\rho^4}. \tag{3}$$

Lorsque ζ, ε et λ sont maintenus constants, P_f est une fonction linéaire de V et change de signe en même temps que lui. On peut donc, en suivant les variations du potentiel de filtration P_f, mettre en évidence les fluctuations du débit de sève à l'intérieur de la tige. Dans le dispositif de la figure 1 on excite (par osmose électrique) le flux de sève avec un champ électrique $\mathcal{H}$ appliqué entre les plateaux A (maintenu au-dessus du bourgeon terminal) et B (en contact avec les racines). Ce champ est accé-

(1) N. Marinesco, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **109**, p. 1353; **110**, 1932, p. 192.

(2) J. Alexander, *Colloid Chemistry; Chemical Catalog*, *New-York*, **1**, 1926, p. 479.

lérateur quand A est positif et retardateur lorsque A est chargé négativement. Le potentiel de filtration est mesuré entre les aiguilles en platine *a* et *b* reliées au potentiomètre. Si la différence de potentiel entre A et B est nulle, P_f égal à 0,010 volt, est dirigé de la racine vers la couronne et correspond au flux normal de sève ascendante. Mais dès que le potentiel de A augmente par rapport à celui de B, P_f croît proportionnellement et devient 20 fois plus grand lorsque $\mathcal{H} = 70$ volts/cm

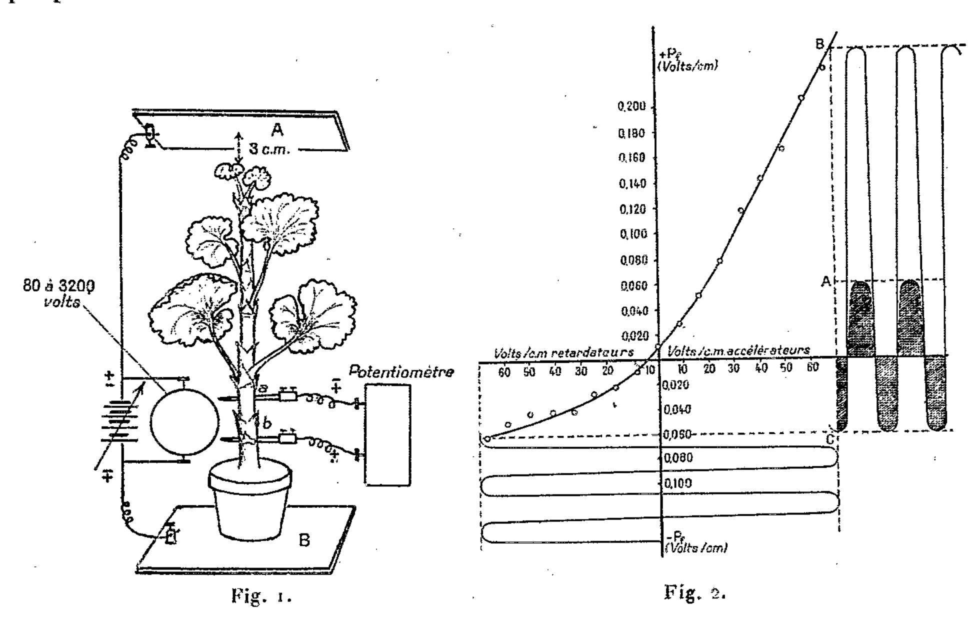


Fig. 1.

Fig. 2.

(*fig.* 2). En chargeant A négativement par rapport à B, le champ $\mathcal{H}$ devient retardateur. Dans ces conditions seulement pour 5 volts sur l'abscisse négative on annule exactement le potentiel de filtration et implicitement le débit de sève. Enfin, pour des champs retardateurs plus forts encore, P_f change de signe c'est-à-dire que le flux de sève se dirige vers la racine. En outre on voit que la courbe $P_f = \varphi(\mathcal{H})$ n'est pas rectiligne du côté des potentiels retardateurs, ce qui implique un effet détecteur remarquable; en attaquant la plante par une onde hertzienne d'amplitude 70 volts, le potentiel normal de filtration P_f entre les prises *a* et *b* (*fig.* 1) devient 0,010 + AB (*fig.* 2). Nous retrouvons ainsi les mêmes particularités signalées précédemment [1].

---

[1] N. Marinesco, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1387; *Comptes rendus Soc. Biol.*, **108**, 1931, p. 950.

Bref, un champ électrique dirigé de haut en bas au-dessus d'une plante augmente proportionnellement à son intensité le flux de sève ascendante; les résultats empiriques obtenus dans de nombreux essais d'électroculture reçoivent ainsi une interprétation physique. On conçoit également que le champ atmosphérique de l'ordre de 100 volts par mètre (dirigé précisément de haut en bas) ne peut pas manquer d'intervenir d'une manière efficace dans la vie végétale et intéresser directement un processus fondamental : la nutrition de la plante.

BIOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Étude sur les celluloses d'*Acetobacter xylinum *et de* Tuniciers. Note de M. **R. Sutra**, présentée par M. G. Urbain.

La membrane cellulosique formée par l'*Acetobacter xylinum* contient de l'azote; nous avons recherché si la présence de cet élément était due à la chitine comme l'avait indiqué Emmerling ([1]).

Nous avons étudié les membranes provenant de cultures d'*Acetobacter xylinum* sur glycérine, *d*-mannite, *d*-sorbite et α-gluco-heptite. Les membranes finement découpées sont épuisées au Kumagava par l'alcool, le chloroforme, l'éther : la perte de poids observée provient des lipides et varie suivant les préparations de 2 à 5 pour 100. Après ce traitement la membrane contient 1,8 pour 100 d'azote, le taux pour la chitine pure est 6,9.

Les membranes sont ensuite successivement traitées par la soude à 2 pour 100 au bain-marie jusqu'à décoloration de la solution, par l'hypochlorite de sodium à 0,5 pour 100 et lavées à l'eau, l'alcool et l'éther. Une telle suite d'opérations laisse la chitine inaltérée.

L'expérience montre qu'il n'y a pratiquement plus d'azote dans les membranes après cette purification : l'azote trouvé initialement ne peut être dû qu'aux protéines des corps bactériens inclus dans la membrane.

Il n'y a donc pas de chitine dans la cellulose d'*Acetobacter xylinum*.

Les diagrammes de diffraction des rayons X comme nous l'avions signalé dans une Note précédente en collaboration avec Mme Khouvine et M. Champetier ([2]), la formation des dérivés nitrés ([2]), le phénomène ([2])

([1]) Emmerling, *Ber. Chem. d. Ges*, t. **32**, 1899, p. 541.

([2]) Mme Y. Khouvine, MM. G. Champetier et R. Sutra, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 208.

de mercerisation, les dérivés acétylés ([1]), l'analyse élémentaire des membranes d'*Acetobacter xylinum* de diverses origines sont identiques et ne présentent aucune différence avec la cellulose de coton sauf en ce qui concerne la plus grande difficulté à obtenir les dérivées correspondants.

L'aspect parcheminé, la formation des dérivés nitrés, la résistance plus grande aux agents chimiques de la cellulose d'*Acetobacter xylinum* la rapproche de la tunicine.

Nous avons examiné la cellulose de trois variétés de tuniciers : *Polycarpa varians*, *Phallusia Mamillata*, *Ascidia Mentula* provenant des stations de Tamaris et de Roscoff.

Les diagrammes de diffraction des rayons X des trois variétés étaient identiques à celui des linters de coton : le diagramme de *Phallusia Mamillata* avait déjà été signalé par Herzog et Gonell ([2]), et la tunicine correspondante étudiée cristallographiquement par H. Mark et G. v. Susich ([3]).

La nitration de la tunicine ne se fait que sur un produit finement divisé. Le diagramme obtenu est identique à celui du nitrocoton, le taux d'azote est 12,2 pour 100 (théorique 14,1 pour la trinitrocellulose). Après dénitration, le diagramme de la tunicine initiale est retrouvé.

L'acétyltunicine possède les mêmes caractères que l'acétylcellulose : possibilité de former des films, même diagramme de diffraction et en solution chloroformique un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -21°,5$.

L'action de la soude se traduit par un gonflement et après lavage le produit obtenu donne le diagramme de la cellulose mercerisée comme également la tunicine régénérée de la liqueur de Schweizer.

En résumé, tant au point de vue physique qu'au point de vue chimique, les celluloses d'*Acetobacter xylinum* et de *tuniciers* de différentes origines n'offrent aucune différence et sont identiques à la cellulose de coton ; il n'y a plus lieu de considérer la chitine comme faisant partie, même en faible proportion, de la membrane d'*Acetobacter xylinum*.

([1]) H. Hibbert et J. Barsha, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 3907.

([2]) Herzog et Gonell, *Zeit. phys. Chem.*, 141, 1924, p. 63.

([3]) H. Mark et G. v. Susich, *Zeit. phys. Chem.*, série B, 4, 1929, p. 431.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation synthétique des dérivés phosphorylés des amino-acides.* Note de MM. **E. Aubel** et **W. S. Reich**, présentée par M. G. Urbain.

Les travaux d'Eggleton et Eggleton, Fiske et Subbarow, Meyerhof et Lohmann d'une part, de Lundsgaard d'autre part, ont montré l'importance du rôle des dérivés phosphorylés de la créatine et de l'arginine dans l'énergétique musculaire : leur hydrolyse libère l'énergie immédiate nécessaire pour la contraction du muscle.

L'isolement à l'état pur de ces composés est très pénible et le rendement déplorable. Afin de pouvoir commodément, et en toute sûreté, étudier les transformations de ces corps, leurs réactions chimiques, leur signification du point de vue énergétique, afin aussi de trouver le meilleur moyen de les isoler, nous avons élaboré une méthode synthétique permettant de fixer sur le groupement aminé des amino-acides, l'acide phosphoreux, exactement de la façon dont il est fixé dans l'acide arginine-phosphorique :

$$\mathrm{R}\begin{array}{l}-\mathrm{CO.OH}\\ -\mathrm{N}\begin{array}{l}\diagup \mathrm{H}\\ \diagdown \mathrm{P}\begin{array}{l}\diagup \mathrm{OH}\\ =\mathrm{O}\\ \diagdown \mathrm{OH}\end{array}\end{array}\end{array}.$$

A l'heure actuelle, nous avons pu synthétiser l'acide alanine-phosphorique et l'acide glutamique-phosphorique.

La technique est la suivante : les amino-acides sont éthérifiés pour empêcher la réaction du groupement carbonyle.

Il était ensuite nécessaire de préparer les dérivés *monohalogénés* de la fonction amine. Nous avons donc élaboré une méthode qui permettait, avec un bon rendement, et pour la première fois, de préparer les dérivés monohalogénés des acides aminés. Elle consiste à fixer à basse température dans un milieu rigoureusement anhydre (alcool absolu) la quantité théorique de brome dissous lui-même dans l'alcool absolu.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le brome. Nous avons ainsi préparé le monobromure d'alanine et le monobromure d'acide glutamique. Ce sont des huiles visqueuses, rouge foncé, qui se décomposent par l'eau rapidement. Elles ne sont pas distillables dans le vide poussé et, à 200°, se décomposent de façon presque explosive. L'analyse a donné, pour le dérivé monobromé de l'alanine, 42,2 pour 100 de Br (théorie : 40,8 pour 100),

pour le dérivé monobromé de l'acide glutamique, 29,6 pour 100 de Br (théorie : 28,3 pour 100). Le monobromure est transformé ensuite par le diéthylphosphite de sodium (obtenu à l'état pur pour la première fois) en éther phosphorique de l'acide aminé.

Le schéma est le suivant :

$$\mathrm{R}\begin{cases}-CO.OH\\-N\begin{cases}H\\H\end{cases}\end{cases} + C^2H^5.OH \rightarrow \mathrm{R}\begin{cases}-CO.O.C^2H^5\\-N\begin{cases}H\\H\end{cases}\end{cases} + H^2O,$$

$$\mathrm{R}\begin{cases}-CO.O.C^2H^5\\-N\begin{cases}H\\H\end{cases}\end{cases} + Br^2 + NaOH \rightarrow \mathrm{R}\begin{cases}-CO.O.C^2H^5\\-N\begin{cases}H\\Br\end{cases}\end{cases} + H^2O + NaBr,$$

$$\mathrm{R}\begin{cases}-CO.O.C^2H^5\\-N\begin{cases}H\\Br\end{cases}\end{cases} + Na-P\begin{cases}O.C^2H^5\\=O\\O.C^2H^5\end{cases} \rightarrow \mathrm{R}\begin{cases}-CO.O.C^2H^5\\-N\begin{cases}H\\P\begin{cases}O.C^2H^5\\=O\\O.C^2H^5\end{cases}\end{cases}\end{cases} + NaBr,$$

$$\mathrm{R}\begin{cases}-CO.O.C^2H^5\\-N\begin{cases}H\\P\begin{cases}O.C^2H^5\\=O\\O.C^2H^5\end{cases}\end{cases}\end{cases} + 3HOH \rightarrow \mathrm{R}\begin{cases}-CO.OH\\-N\begin{cases}H\\P\begin{cases}OH\\=O\\OH\end{cases}\end{cases}\end{cases} + 3C^2H^5.OH.$$

La préparation du diéthylphosphite de sodium a été faite de la façon suivante :

$$H-P\begin{cases}OH\\=O\\OH\end{cases} + 2NH^3 \rightarrow H-P\begin{cases}O.NH^4\\=O\\O.NH^4\end{cases}$$

$$H-P\begin{cases}O.NH^4\\=O\\O.NH^4\end{cases} + (CH^3CO.O)^2Pb \rightarrow H-P\begin{cases}O\\=O\\O\end{cases}\!\!>Pb + 2CH^3CO.OH.$$

Le phosphite de plomb est transformé en phosphite d'éthyle par chauffage en tubes scellés à 400° avec l'iodure d'éthyle :

$$H-P\begin{cases}O\\=O\\O\end{cases}\!\!>Pb + 2C^2H^5I \rightarrow H-P\begin{cases}O.C^2H^5\\=O\\O.C^2H^5\end{cases} + PbI^2.$$

Et le dérivé sodé obtenu par chauffage en présence de sodium dans l'éther anhydre :

$$H-P\begin{cases}O.C^2H^5\\=O\\O.C^2H^5\end{cases} + Na \rightarrow Na-P\begin{cases}O.C^2H^5\\=O\\O.C^2H^5\end{cases} + H.$$

Le corps est une poudre blanche, cristalline, facilement décomposable

par l'eau. La réaction semble compliquée car il y a formation de phosphure d'hydrogène.

Il a été préparé par la méthode indiquée, les acides alanine-phosphorique, et glutamique-phosphorique. On les a obtenus à l'état de sels de baryum dont nous poursuivons la purification et dont l'analyse a déjà donné :

Acide alanine-phosphorique (sel de Ba) : Ba 46 pour 100 (théorie 45 pour 100); P 9,6 pour 100 (théorie 10,2 pour 100).

Acide glutamique-phosphorique (sel de Ba) : Ba 55,9 pour 100 (théorie 55,1 pour 100); P 5,7 pour 100 (théorie 6,2 pour 100).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les variations considérables que présente, d'un arbre à l'autre, le pouvoir rotatoire de l'essence de térébenthine du pin maritime* (Pinus Pinaster *Sol.*), *et la fixité relative de ce pouvoir rotatoire pour un arbre donné.* Note de M. **A. Oudin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La première Section de la Station de recherches et expériences de l'École nationale des Eaux et Forêts poursuit, depuis 1922, dans le sud-ouest de la France, des études de gemmage sur plusieurs centaines d'arbres numérotés, dans des peuplements de pin maritime (*Pinus Pinaster* Soland).

Les premières analyses de gemme provenant de ces arbres ont été faites à l'Institut du Pin à Bordeaux. Elles ont permis, notamment en 1923 et en 1924, à M. Dupont et à Mlle Barraud, de constater les premiers, pour les mêmes arbres, des variations notables (quelques degrés) dans le pouvoir rotatoire de l'essence de térébenthine, en fonction de l'époque de la récolte, et des variations souvent très considérables d'un arbre à l'autre.

Ces lots de pins numérotés continuent à être régulièrement suivis par nous depuis plusieurs années. Les nombreuses analyses effectuées par Mlle Monnard, montrent que la rotation de l'essence de térébenthine provenant de divers pins maritimes croissant à proximité les uns des autres, dans des conditions de végétation identiques (rotation sous 10^{cm} et pour la raie J de l'arc au mercure) *varie suivant les individus de* $+11$ *à* -41 *environ*, alors qu'aucune différence extérieure ne permet de distinguer entre eux des arbres dont l'essence présente des écarts aussi considérables.

Ces variations n'ont, en aucune façon, le caractère d'anomalies passagères. Pour tous les arbres dont l'essence de térébenthine a été étudiée individuellement, nous avons, à des intervalles de temps plus ou moins éloignés, toujours trouvé des chiffres tout à fait concordants : les écarts ne dépassent jamais quelques degrés et sont toujours inférieurs aux variations saisonnières observées pour les mêmes individus. Voici quelques exemples :

Rotation sous 10^cm pour la raie J de l'arc au mercure.

	1re amasse.	2e amasse.	3e amasse.	4e amasse.	5e amasse.	6e amasse.	Moyenne.
	Forêt de Saint-Trojan (Charente-Inférieure). — Arbre n° 40.						
1929...	— 8,85	—10,35	—10,01	— 9,50	— 9,21	-	— 9°,58
1930...	— 6,87	— 8,07	— 7,78	— 8,34	— 7,61	-	— 7,73
1931...	— 5,84	— 7,91	— 7,65	— 8,12	— 7,47	-	— 7,40
	Arbre n° 10.						
1930...	Une seule amasse.						—40,96
1931...	Une seule amasse.						—40,50
	Forêt de Lacanau (Gironde). — Arbre n° 10 D.						
1924 (¹).	+ 8,86	+ 7,80	+10,12	-	+ 8,58	+ 8,73	+ 8,82
1931...	+11,48	+11,48	+11,16	+10,24	+10,47	+10,55	+10,89
	Arbre n° 6 B.						
1924 (¹).	+ 2,38	+ 8,39	+ 5,03	+ 9,75	+ 6,75	+ 7,28	+ 6,59
1931...	+ 9,25	+ 8,57	+ 9,40	+ 9,97	+ 9,82	+ 9,79	+ 9,46
	Arbre n° 40 F.						
1924 (¹).	-	—35,65	—19,87	—33,78	—34,08	—34,73	—31,62
1929...	—32,83	—31,86	—32,61	—36,73	—32,74	—32,30	—33,18

Compte tenu de légères variations saisonnières, *la rotation de l'essence de térébenthine fournie par un pin maritime donné, reste constante*, tout au moins pendant une longue période.

Il semble qu'il y ait là un caractère physiologique individuel qu'il serait intéressant de définir. Ces études seront étendues au Pin laricio et au Pin d'Alep et poursuivies de façon à préciser si cette permanence de la rotation pour un pin donné se maintient pendant toute la durée de la vie de l'arbre et dans sa descendance.

(¹) Année 1924, déterminations faites par Mlle Barraud, chef de travaux à l'Institut du Pin.

BACTÉRIOLOGIE. — *La coagulation du lait par* B. typhosus *et par d'autres bactéries considérées comme inactives sur le lait.* Note [1] de M. **Costantino Gorini**, présentée par M. Roux.

Dans des Notes précédentes [2], j'ai démontré que, par différents artifices de culture, on réussit à déceler le pouvoir coagulant, sur le lait, de certaines bactéries qui semblent en être dépourvues, notamment chez certaines espèces parasites qui caillent le lait non par acidification mais par une action diastasique.

Les principales conditions de cette démonstration sont : 1° l'emploi de lait stérilisé par tyndallisation à une température ne dépassant pas 100° de façon que la couleur du lait ne soit pas altérée; 2° emploi de fortes quantités de semence; 3° adjonction de substances stimulantes (peptone, suc de viande, eau de levure, sang, vitamines du commerce, etc.); 4° séjour prolongé à température opportune. Quand toutes ces conditions sont réalisées on rencontre parfois des variétés ou plutôt des souches qui ne caillent pas le lait ou qui le caillent irrégulièrement. J'ai obtenu une coagulation régulière, par un moyen simple, en me rappelant que le *B. prodigiosus*, ainsi que je l'ai fait voir en 1892 [3], produit une diastase coagulante dans des milieux dépourvus de caséine, ayant fait la même observation sur des bactéries acido-protéolytiques, je me suis convaincu que la production de diastase n'est pas une fonction d'adaptation mais une fonction normale de ces bactéries, indépendante de la présence de caséine. En effet, le lait stérilisé par tyndallisation versé sur des cultures bien développées sur gélose inclinée jusqu'à les couvrir complètement, puis mélangé au moyen de l'aiguille de platine à la couche microbienne, est coagulé après un séjour suffisamment prolongé à la température de 37-38° C. On obtient un résultat plus rapide si l'on fait la culture sur gélose au sang ou sur gélose levure. Par ce moyen on constate la propriété coagulante chez certains types de streptocoques parasites (*Str. cyni*, *Str. scarlatinæ*, etc.), qui autrement ne la manifestent pas. Tous les streptocoques parasites que j'ai examinés se comportent de même.

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 946; 183, 1926, p. 250.

(2) *Rivista d'Igiene e Sanità pubblica*, 3, 1892, p. 527; 4, 1913, p. 549.

(3) Séance du 4 juillet 1932.

J'ai déjà démontré l'action caséolytique du *B. typhosus* (¹), avec 12 souches d'origine différente, j'ai obtenu la coagulation du lait versé sur des cultures en gélose âgées de 3 jours à 38°, le caillot s'est produit après 8 à 15 jours, et deux fois après 17 et 23 jours. Ce caillot mou, alcalin, résultant de l'action diastasique, conservé à l'étuve ou même à la température ordinaire va se transformant en un sérum jaunâtre alcalin. Le germe est encore vivant après un mois à 38°. La durée de la coagulation varie suivant les souches, suivant l'ancienneté et le degré de développement des cultures au moment de l'adjonction du lait. Les mêmes souches ensemencées comme on le fait d'ordinaire dans le lait ne le caillent pas. En délayant les corps microbiens de *B. typhosus* dans la glycérine, comme je l'ai fait pour le *B. prodigiosus*, la diastase coagulante passe dans la glycérine qui coagule le lait frais à la température de 40°.

Le pouvoir protéolytique des bactéries sur la gélatine est indépendant de leur action sur la caséine (²) ainsi que me l'ont montré les expériences sur d'autres bactéries parasites telles que *B. Morgani* de l'intestin et le *B. lipolyticum* de la mamelle qui ne liquifient pas la gélatine et ont cependant une action caséolytique. Les artifices de culture décrits plus haut mettent en évidence la production d'une diastase caillant la caséine chez beaucoup de bactéries où l'on ne la soupçonnait pas.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité du Spermophile au typhus exanthématique*. Note de M. PIERRE LÉPINE, présentée par M. E. ROUX.

Nous avons été amené à étudier la sensibilité, vis-à-vis du typhus exanthématique du Spermophile de Macédoine (*Citillus citillus*), et à préciser les faits suivants :

1° *Le spermophile est sensible au typhus exanthématique endémique* (*virus murin*). Il réagit après une courte incubation à l'inoculation intrapéritonéale de virus murin par une maladie *apparente* (adynamie, prostration, fièvre), d'une durée de 4 à 8 jours. Le cerveau de l'animal, qui déjà se montre virulent 24 heures avant l'élévation de la température, est encore virulent 31 jours au moins après l'inoculation et 3 semaines après la chute

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 681.

(²) *Rend. R. Isb. Lomb. Sc. Lett.*, 40, 1907, p. 947; 41, 1908, p. 122. *Rend. R. Acc. Lincei*, 19, 1910, p. 150.

de la température, ce qui permet d'utiliser au laboratoire le spermophile pour la conservation du virus. Voici, par exemple, notre première série d'expériences.

Le 8 février 1932, une émulsion cérébrale du cobaye 57 B (6ᵉ passage de notre souche murine A) sert à inoculer par voie intrapéritonéale deux spermophiles, R 1 et G 2 (trois cobayes inoculés en même temps seront positifs le 8ᵉ jour). Le 14 février, alors que les témoins sont encore négatifs, on sacrifie le spermophile R 1, qui paraît normal et ne présente pas de fièvre. Son cerveau est inoculé par voie intrapéritonéale aux cobayes 88 B et 84 B; le 88 B, ♂ présente à partir du 6ᵉ jour une réaction thermique (40°,6) avec réaction testiculaire typique durant 6 jours; le 84 B, ♀ présente à partir du 5ᵉ jour une période fébrile durant 9 jours. Ces deux cobayes ont été éprouvés; le 88 B, le 3 mars avec une souche de typhus épidémique (virus africain) le 84 B, le 18 mars, avec notre souche A; aucun des deux cobayes n'a réagi à la suite de cette inoculation.

L'autre spermophile (G 2, ♀), présente de la température (40°) le 16 février. Il est visiblement malade; le 17 il est apathique, lent à se mouvoir, mais sans paralysies; température : 40°,2; on le sacrifie; on note une congestion notable du cerveau (lésions histologiques d'infiltration périvasculaire) et, sur tout le péritoine pariétal, de nombreuses suffusions pétéchiales (recherche de rickettsias sur frottis négative); la culture du sang et des organes reste stérile. Inoculation du cerveau par voie intrapéritonéale au cobaye 91 B et au spermophile G 3. Le cobaye présente le 6ᵉ jour une élévation de température (40°,8) avec réaction testiculaire. Il est sacrifié le lendemain (nombreuses rickettsias sur frottis, lésions cérébrales typiques). Le spermophile G 3 est conservé en observation, sa température étant prise biquotidiennement. Alors que, d'après notre expérience, la température des spermophiles évolue habituellement d'une manière très irrégulière entre 37°,5 et 39°, la température du G 3 monte le 6ᵉ jour à 40°,2 et évolue jusqu'au 10ᵉ jour entre 39° et 40° pour revenir ensuite osciller autour d'une moyenne normale de 38°. Pendant toute la période fébrile, l'animal est abattu, adynamique, il perd son allure combative et refuse la nourriture. On n'observe cependant ni paralysies ni gonflement scrotal. Le 19 mars, soit 31 *jours après* l'inoculation, le spermophile G 3 est sacrifié, et son cerveau inoculé au cobaye ♂ 19 C, qui est *positif typique* du 9ᵉ au 14ᵉ jour (40° à 41°, réaction testiculaire).

Notons que, malgré que notre virus murin ait conservé tous ses caractères chez le cobaye après deux passages sur le spermophile, l'infection, quoique très apparente, de ce dernier animal ne s'est accompagnée d'aucune réaction testiculaire, et que la recherche des rickettsias chez le spermophile est restée négative. Ces faits seraient de nature à apporter une confirmation aux observations de Zozaya [1] et à celles de Ch. Nicolle et J. Laigret [2] ten-

(1) Zozaya, *Journ. Infect. Diseases*, 46, 1930, p. 20.
(2) Ch. Nicolle et J. Laigret, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 804.

dant à établir la non-spécificité de la lésion de Neill et des corps de Mooser dans le typhus mexicain.

2° *Le spermophile réagit au typhus épidémique (virus africain) par une maladie apparente*, qui peut même être mortelle. Ce trait distingue le spermophile du rat qui ne réagit au typhus épidémique que par une maladie inapparente. Le spermophile ne paraît cependant pas conserver dans son encéphale le virus épidémique.

Le 11 mai 1932, une émulsion cérébrale du cobaye 57 C (334e passage de la souche africaine Nicolle) sert à inoculer deux spermophiles, 178 A et 178 B. Tous deux réagissent violemment (fièvre, prostration) le 5e jour; le 178 A meurt le 7e jour : passage du cerveau *positif* (cobaye ♂ 81 C, fièvre du 7e au 17e jour, pas de réaction scrotale); le 178 B guérit et est sacrifié le 5e jour : passage *négatif* (cobaye ♂ 76 D, 42 jours d'observation).

3° *Le spermophile ne paraît pas être infecté spontanément par le typhus murin.* Les cobayes que nous avons inoculés par voie intrapéritonéale avec l'encéphale de spermophiles neufs n'ont aucunement réagi à la suite de cette inoculation. De ce fait, le spermophile ne paraît pas jouer dans le typhus endémique le rôle de réservoir naturel qui semble jusqu'ici, parmi les rongeurs, rester uniquement dévolu au rat.

4° Il est intéressant de rappeler que si le spermophile est sensible au virus de la fièvre boutonneuse, [Blanc et Caminopetros (1)], l'infection reste chez lui complètement inapparente, bien que le virus s'y multiplie activement. Le comportement si différent des deux virus, boutonneux et exanthématique, chez un animal sensible à l'un et à l'autre, est une preuve de plus en faveur de l'individualité tranchée de chacun de ces virus, à l'appui de laquelle nous avons apporté (2) des arguments d'ordre immunologique.

Conclusion. — 1° Le spermophile de Macédoine (*Citillus citillus*) est sensible au virus du typhus exanthématique (variété murine et variété épidémique). L'infection se traduit chez le spermophile par une maladie apparente, fébrile, avec symptômes généraux accusés, mais sans réaction testiculaire ni scrotale chez le mâle.

2° Le spermophile ne paraît pas être infecté spontanément ni jouer le rôle de réservoir naturel dans le typhus exanthématique endémique.

(1) G. Blanc et J. Caminopetros, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 258.
(2) P. Lépine et J. Caminopetros, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1277.

3° La persistance du virus murin dans l'encéphale du spermophile au moins 31 jours après l'infection expérimentale, permet d'utiliser cet animal pour la conservation au laboratoire du typhus bénin.

La séance est levée à 15h45m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 4 juillet 1932.)

Note de MM. *Paul Pascal* et *André Dupire*, Contribution à l'étude des éthers de l'acide arsénieux :

Page 16, ligne 11 à partir du bas, *au lieu de* alcools tertiaires, *lire* alcools secondaires.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1932.

De l'emploi des droites isotropes comme axes de coordonnées. Nouvelle géométrie du triangle, par ANDRÉ HAARBLEICHER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Calcul graphomécanique. Appareils pour le calcul mécanique de l'intégrale du produit de deux fonctions, par ANDRÉ NESSI et LÉON NISOLLE. Paris, Dunod, 1932; 1 fasc, 27cm.

Vaccination préventive de la tuberculose de l'homme et des animaux par le B. C. G. Rapports et documents provenant des divers pays (la France exceptée) *transmis à l'Institut Pasteur en* 1932. Paris, Masson et Cie; 1 vol 24cm.

Le traitement de la tuberculose par l'antigène méthylique (*Antigénothérapie*), par L. NÈGRE et A. BOCQUET. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 25cm.

Théorie de la quantification dans la nouvelle mécanique, par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Hermann et Cie, 1932; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E. Borel.)

Le Soleil. Ses phénomènes les plus importants, leur littérature et leur explication, par A. BRESTER. La Haye, W. P. Van Stockum et fils, 1924; 1 vol. 29cm,5.

Principles of Microscopy being a Handbook to the Microscope, par A.-E. WRIGHT. London, Archibald Constable et Cie, 1906; 1 vol. 26cm.

Zoologie de Madagascar, par G. GRANDIDIER et G. PETIT. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1932; 1 vol. 19cm,5.

Précis de métallographie microscopique et de macrographie, par LÉON GUILLET et ALBERT PORTEVIN. Paris, Dunod, 1932; 1 vol. 25cm.

Les poissons et le monde vivant des eaux. Tome V. *Larves et métamorphoses*, par LOUIS ROULE. Paris, Librairie Delagrave, 1932; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. L. Joubin.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE FLORALE. — *Sur la réapparition de la fertilité chez une mutante de Digitale sauvage* (Digitalis purpurea *L. var. nov.*). Note de M. **L. Blaringhem.**

En 1926, dans un semis de 42 Digitales pourpres issues de plantes sauvages, très vigoureuses et donnant toutes des hampes de 2^m, j'ai remarqué un individu à fleurs roses, virant au blanc vers la gorge, avec macules jaunes très atténuées. Alors que les autres plantes donnaient des fruits remplis de graines, les fleurs de cette nouveauté persistaient longtemps et se desséchaient sans donner de fruits; je notai que le pollen de cette plante était complètement avorté, que les fruits nouaient mal après pollinisation par des plantes du même lot, et vers la fin de la floraison j'obtins, d'une quinzaine de fleurs isolées, puis pollinisées par une lignée épurée de *Digitalis purpurea* var. *peloria* (1) à fleurs blanches moins de 200 bonnes graines, alors que des fleurs normales en auraient donné des milliers. La floraison prolongée, la stérilité presque complète des ovaires et totale des étamines, la faible lignification des tiges et d'autres caractères me firent d'abord admettre qu'il s'agissait d'un hybride accidentel avec une autre espèce linnéenne telle que *Digitalis lutea* ou *Digitalis ambigua* (2), mais les études

(1) L. Blaringhem, *Sur les lignées pures de* Digitalis purpurea *L. var.* peloria (*Bull. Soc. bot. France*, 74, 1927, p. 412).

(2) L. Blaringhem, *Vigueur végétative compensatrice de la stérilité chez les hybrides d'espèces de* Digitalis purpurea × D. lutea (*Comptes rendus*, 169, 1919, p. 481).

ultérieures ne permirent pas de conserver cette hypothèse. Il s'agit d'une mutation :

Des 200 graines mises à germer en 1927, j'obtins en juin 1928 un lot de Digitales du type *purpurea*, à fleurs toutes pourpres sauf celles de 2 individus offrant les fleurs roses de la mère et celles-ci encore, seules du lot, ne donnèrent au début que du pollen stérile; la taille des plantes était variable, avec pour plus de la moitié, des déformations des hampes rappelant l'état de fascie; la pélorie héréditaire de l'un des parents n'apparut que sur 4 individus pour 82. Désignant les individus non fasciés à fleurs roses par les lettres A et B, je réalisai avec chacun d'eux comme mère des croisements avec les individus à fleurs pourpres et aussi avec la Digitale pélorièe à fleurs blanches que je suivais en ligne pure depuis quatre générations; vers la fin de floraison, je notai quelques bons grains de pollen dans les dernières étamines des plantes à fleurs roses; mais les combinaisons A × B ou B × A ne donnèrent aucune graine tandis que je réussis à féconder les ovaires de A et de B avec le pollen de la Digitale pélorièe blanche. La lignée que je possède est donc le produit de [*Digitalis purpurea* rose × *D. p.* var. *peloria* blanche] × *D. p. peloria* blanche.

J'en obtins plus de 300 plantules dont 96 furent suivies jusqu'à la floraison. Dans un des lots (0.1138) provenant de la Digitale à fleurs roses A × Digitale pélorièe blanche, sur 28 plantes j'obtins 3 plantes à fleurs roses, et aussi une plante à fleurs roses dans la combinaison réciproque (0.1139); mais le pollen des premières fleurs de ces plantes roses était toujours rare et mal conformé pour 90 pour 100 des grains.

Pour éviter l'entrecroisement avec les pourpres et les blanches, je supprimai toutes les hampes des plantes à pollen parfait et ne laissai en place que les 4 plantes à fleurs roses, distantes de 2^{m} environ les unes des autres. La pollinisation fut assurée, en partie par les visites des insectes qui n'eurent à leur disposition dans le voisinage (60 mètres) que des Digitales pélorièes blanches, en partie par mes propres soins après castration et isolement de quelques fleurs. J'eus la bonne fortune de récolter plus de 100 bonnes graines des fleurs entrecroisées par les insectes et environ 200 graines des combinaisons (0.2894) *Digitalis purpurea* rose × *Digitalis peloria* blanche tardive et (0.2895) réciproque; j'en fis faire les semis sous châssis le 6 août 1930.

Les plantes obtenues (68) fleurirent au début de juin 1932; toutes furent à fleurs roses sauf une tardive, à fleurs rouges *purpurea*, aucune à fleurs blanches. Toutes, sauf 9, étaient très pauvres en bon pollen au début de la

floraison, la proportion des grains avortés dépassant 90 pour 100 et parmi les 9 à pollen de bonne qualité (plus de 60 pour 100 de bons grains) se trouvaient 4 plantes intactes, qui ont conservé cette qualité avec des fluctuations journalières variables avec les fleurs épanouies, et 5 plantes dont la cime avait été coupée dès l'allongement de la jeune inflorescence, c'est-à-dire vers la mi-mai. En effet, j'avais voulu me rendre compte par des prélèvements préalables de la nature des cinèses qui permettent, lorsque les cellules mères du pollen se fragmentent en quatre grains filles, de suivre la répartition des chromosomes dans les noyaux. Sur les 5 plantes ainsi mutilées restaient les premières fleurs (3 à 6) de la base des hampes et se développèrent rapidement des bourgeons latéraux et des rejets qui évoluèrent plus tard en grappes. Or, le fait remarquable, c'est que *toutes les fleurs des plantes ainsi mutilées, tant de la hampe première que des axes secondaires, donnèrent du pollen de bonne qualité*, avec plus de 90 pour 100 de bons grains, et cette coïncidence ne peut être un hasard. Pour les mêmes plantes, les ovaires noués en fruits après pollinisation artificielle ont donné des graines en abondance, alors que je n'ai pu en obtenir au début de la floraison pour les 59 plantes à fleurs roses dont le pollen était de médiocre qualité.

Dès le début de la floraison, j'enlevai chaque jour les corolles sur le point de s'épanouir; j'assurai ainsi l'isolement et pus suivre la qualité des pollens dans les anthères murissant à l'intérieur des corolles récoltées; vers le 15 juin, le pourcentage des grains avortés diminua sensiblement sauf pour une dizaine de plantes, et je m'assurai en pollinisant dix fruits par plantes, vers le milieu des hampes, que la fertilité des ovaires augmentait parallèlement; au premier juillet, les deux tiers des hampes étaient défleuries et le pollen devenait de bonne qualité avec environ 90 pour 100 de grains parfaits; je laissai s'entrecroiser par l'intervention des insectes les dernières fleurs qui, pour tous les individus, ont noué. Ainsi la fertilité de la descendance de la mutante augmente au fur et à mesure du vieillissement des tissus, et ce fait explique les insuccès et aussi les circonstances qui ont permis de fixer la lignée nouvelle de *Digitalis purpurea* à fleurs roses.

L'observation, accidentelle mais très probante que les plantes écimées dans leur jeune âge ont donné du pollen presque parfait et des ovaires tous féconds, et cela dès le début de leur floraison, suggère l'hypothèse suivante, dont j'ai constaté l'application dans certains hybrides de Lins et aussi d'Aegilopes et de blés. Les plantes à pollen stérile au début de la floraison récupèrent parfois leur fécondité au cours de leur développement prolongé

et surtout à la fin de la croissance comme si la substance toxique, ou l'état de pléthore, s'évanouissait graduellement avec la maturation et la lignification des tissus. Je crois pouvoir affirmer qu'il s'agit réellement ici d'une substance toxique puisque la récupération de la fertilité est immédiate et totale lorsqu'on supprime l'extrémité de la hampe florale de bonne heure, environ trois semaines avant l'épanouissement des premières fleurs. Si cette hypothèse est vérifiée par les expériences dont j'ai établi le programme sur divers hybrides stériles, j'aurai mis en valeur une technique qui permettra d'utiles réalisations et aussi donné une explication physiologique du rôle des mutilations dans les altérations de l'hérédité dont j'ai décrit maints exemples dans mon ouvrage *Mutation et traumatismes* (1907).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la dilution du sérum de cheval dans des solutions électrolytiques*. Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et **Maurice Doladilhe**.

En désignant par l le volume fourni par la dilution de 1^{cm^3} de sérum, par h la densité optique de la solution ainsi obtenue, nous avons indiqué antérieurement [1] que le produit lh, sensiblement proportionnel au volume moyen des globulines qui se séparent, va d'abord en croissant, passe par un maximum, et décroît ensuite pour tendre vers une limite.

Nous nous sommes proposé d'étudier, pour un sérum de cheval, ce que devient la variation précédente lorsque, au lieu de diluer le sérum dans l'eau distillée, on le dilue dans des solutions salines de concentrations croissantes.

Signalons tout d'abord que la courbe a toujours une allure analogue et que le maximum, lorsqu'il subsiste, se présente très sensiblement avec les mêmes valeurs de la dilution que pour les solutions dans l'eau distillée. Mais les ordonnées sont modifiées différemment suivant la nature du sel introduit, et, principalement, suivant la valence du cation.

Pour tous les sels comportant un cation monovalent ($NaCl$, KCl, NH^4Cl, SO^4Na^2, PO^4Na^3) la courbe relative à la dilution du sérum est au-dessous de celle que l'on obtient en diluant le sérum dans de l'eau distillé, et cela d'autant plus que la concentration est plus élevée. Pour de fortes concentrations le produit lh conserve une valeur à peu près invariable, voisine de

(1) A. Boutaric et M. Doladilhe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1387.

0,10 ; les globulines ne subissent plus de floculation pour aucune valeur de la dilution.

L'action dépressive d'un sel, pour un même cation, est d'autant plus énergique que la valence de l'anion est plus élevée, comme le montrent les nombres du Tableau I qui donne, pour divers sels pris sous une concentration millième normale, la valeur du produit *lh* relative au maximum d'opacité.

Tableau I.

Électrolytes.	Valeurs du maximum *lh*.
Eau	5
$NaCl$	3,54
KCl	3,60
NH^4Cl	3,50
SO^4Na^2	3,00
PO^4Na^3	2,10

On voit combien est considérable l'action des sels monovalents pour ralentir ou supprimer la séparation des globulines au cours de la dilution.

Pour tous les sels comportant un cation polyvalent ($BaCl^2$, $CdCl^2$, $CeCl^3$, $AlCl^3$, $ThCl^4$), les résultats sont différents et leur allure dépend de la concentration utilisée.

Pour de faibles concentrations salines, la courbe représentant la variation du produit *lh* est au-dessous de celle qui correspond à la dilution dans l'eau distillée. L'écart, pour une concentration donnée, va en augmentant avec la valence du cation, comme le montrent les nombres du Tableau II qui donne, pour différents sels pris sous une concentration millième normale, la valeur du produit *lh* relative au maximum d'opacité.

Tableau II.

Électrolytes.	Valeurs du maximum *lh*.	Électrolytes.	Valeurs du maximum *lh*.
Eau	5	$AlCl^3$	18
$BaCl^2$	6,5	$ThCl^4$	33
$CdCl^2$	6,7		

Ainsi, l'action d'un sel à cation polyvalent, pris sous une faible concentration, favorise le grossissement, et, par suite, la séparation des globulines, sous une dilution donnée. Cette action floculante croît très nettement avec la valence du cation.

Lorsqu'on fait croître, à partir de zéro, la concentration du sel, l'action favorable qu'exerce sa présence sur la séparation des globulines croît

d'abord, passe par un optimum, décroît ensuite et finit par s'annuler pour une concentration suffisante de la solution saline. En sorte que, sous une concentration très forte, les sels à cation polyvalent se comportent comme les sels alcalins et suppriment totalement la sédimentation des globulines par dilution du sérum.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La production des corps jaunes étudiée par la méthode des transplantations d'ovaires sur Cobayes mâles.* Note (¹) de MM. **Émile Guyénot**, **W. Bärtschi** et Mlle **R. Ponse**.

Les auteurs qui ont pratiqué des greffes d'ovaires de Cobayes sur mâles entiers ou castrés sont d'accord pour reconnaître que l'ovaire transplanté ne produit jamais de corps jaunes tandis que l'on observe couramment ces formations lorsque l'animal récepteur est une femelle. Ces constatations ont été faites par Athias, Sand, Voss, Lipschütz et Moore. Les résultats que nous avons obtenus nous permettent de confirmer cette incapacité de l'ovaire à subir la lutéinisation physiologique dans un soma mâle. Dès lors, la transplantation sur mâles représente un procédé précieux pour l'analyse des facteurs qui engendrent dans l'ovaire la formation de corps jaunes. Nous résumerons d'abord les leçons qui se dégagent des recherches que nous avons effectuées sur des femelles immatures.

a. Un *extrait d'urine de femme ovariotomisée*, assimilable à la «prolan A» de Zondeck, provoque le développement rapide de nombreux follicules tertiaires sans hypertrophie thécale ni lutéinisation (action *auxogène* sur la croissance des follicules) et entraîne corrélativement le rut précoce (effet *œstrogène*).

b. Les *extraits alcalins d'hypophyse* agissent sur les follicules moyens en amenant la fonte de la granuleuse (atrésie) et l'hypertrophie des cellules thécales qui prennent un type sécréteur. Cette action *crinogène* s'exerce aussi sur les éléments interstitiels. En plus de ces phénomènes de fausse lutéinisation, on observe, dans les très gros follicules, la lutéinisation vraie des cellules de la granuleuse, aboutissant à la production de méroxanthosomes ou de corps jaunes vrais. Comme ces dernières formations correspondent à un processus physiologique, il est difficile de préciser dans quelle mesure elles sont dues à l'action des extraits utilisés.

c. Un *extrait d'urine de femme enceinte* exerce simultanément les deux

(¹) Séance du 11 juillet 1932.

actions précédentes; les petites doses favorisent l'effet auxogène; les fortes doses engendrent surtout la réaction crinogène.

Il résulte de ces faits que la production de corps jaunes nécessite : 1° le développement jusqu'à maturité de follicules tertiaires (extraits auxogènes); 2° l'intervention de substances lutéinisantes ou crinogènes. Nous avons cherché à vérifier ces données en les appliquant au cas des ovaires transplantés sur Cobayes mâles castrés ou entiers. Les ovaires provenaient exclusivement de femelles immatures, de 140 à 220^g, de façon à éliminer toute introduction de corps jaunes déjà formés. Les traitements n'ont été appliqués qu'après apparition des signes de la féminisation, indiquant la reprise des ovaires.

A. *Mâle témoin*, féminisé au bout de 18 jours. Le greffon, prélevé après deux mois, est en grande partie dégénéré et ne renferme guère qu'une vingtaine de gros follicules tertiaires, mesurant plus de 1200$^{\mu}$, sans aucune lutéinisation.

B. *Traitement par l'extrait d'urine de femme ovariotomisée.* — Un mâle, féminisé au bout de 17 jours, reçoit, trois mois après la transplantation, des injections quotidiennes d'extrait correspondant à 350$^{cm^3}$ d'urine répartis sur 29 jours. L'ovaire, prélevé au bout de 4 mois, est gros, en très bon état, renferme de nombreux éléments jeunes, des follicules à tous les stades, un grand nombre (52) de follicules tertiaires, mesurant plus de 1000$^{\mu}$ et 11 follicules kystiques de plus de 2^{mm}. L'action auxogène a donc entraîné la maturité simultanée de nombreux follicules sans trace de lutéinisation.

C. *Traitement par l'extrait alcalin d'hypophyse.* — Un mâle, féminisé au bout de 10 jours, reçoit un mois plus tard 16$^{cm^3}$ d'extrait en 16 jours (1$^{cm^3}$ = 1^g). L'ovaire, prélevé deux mois après la transplantation, est très petit et ne comprend que quelques ovocytes, un follicule primordial et *deux corps jaunes* mesurant 1100$^{\mu}$ sur 800. L'un est hémorragique.

D. *Traitement en deux temps.* — Extrait d'urine de femme ovariotomisée, puis extrait alcalin d'hypophyse.

Un premier mâle, frère du précédent, féminisé au bout de 27 jours, reçoit un mois et demi après l'intervention l'extrait correspondant à 50$^{cm^3}$ d'urine, en 5 jours, puis 13$^{cm^3}$ d'extrait alcalin en 13 jours.

Prélevé deux mois et demi après la transplantation, le greffon renferme de nombreux follicules et *huit corps jaunes* dont deux énormes (1600$^{\mu}$). Le résultat est d'autant plus frappant que l'ovaire provenait de la même femelle que celui du cas précédent. Le grand nombre des follicules et des corps jaunes témoigne de l'activation exercée par l'extrait d'urine tandis que la lutéinisation doit être rattachée à l'action de l'extrait hypophysaire.

Trois autres mâles, dont deux castrés et un entier, traités par des doses plus élevées d'extrait alcalin, ont donné des résultats de même nature; il y eut toutefois moins de corps jaunes formés (1,1 et 0), mais plus de méroxanthosomes et de fausse lutéinisation (faux corps jaunes thécaux, hypertrophie interstitielle). Enfin, une femelle castrée à greffe intrarénale d'ovaire subit le même traitement avec un résultat tout à fait comparable.

E. *Traitement par l'extrait d'urine de femme enceinte.* — Un mâle castré, féminisé au bout de 20 jours, reçoit du 27e au 35e jour une quantité d'extrait correspondant à 304$^{cm^3}$ d'urine, donnée d'abord à faible dose pour favoriser l'action auxogène, puis à doses plus fortes (action crinogène prédominante). Prélevé le 42e jour, le greffon, riche en éléments jeunes, présente *quatre corps jaunes* vrais, dont un hémorragique, mesurant 1600$^{\mu}$ et plus, une dizaine de méroxantosomes, trois faux corps jaunes thécaux et de grandes plages interstitielles. Le résultat témoigne de la double action, auxogène et crinogène, de l'extrait.

Conclusions. — Un traitement introduisant la propriété crinogène, empruntée à l'urine de femme enceinte ou à l'hypophyse, permet de provoquer la formation de corps jaunes dans un soma mâle. Celui-ci ne semble donc pas renfermer de substances s'opposant à cette production. L'expérience apporte la preuve que la lutéinisation vraie relève des mêmes facteurs que la fausse lutéinisation. La réaction à la propriété crinogène dépend du degré de maturité des follicules : hypertrophie thécale et faux corps jaunes, méroxanthosomes, corps jaunes vrais à mesure que le follicule est plus évolué. Un traitement auxogène préalable, en provoquant la maturité de nombreux follicules, permet d'obtenir un nombre inusité de corps jaunes.

Diverses expériences nous ont conduits à considérer comme très probable que la propriété crinogène ne préexiste pas dans l'hypophyse. L'incapacité du mâle à permettre la formation spontanée de corps jaunes pourrait dès lors provenir de l'absence d'une substance activant ou modifiant, dans le sens crinogène, l'hormone hypophysaire.

NOMINATIONS.

M. A. Mesnager est désigné pour faire partie du *Comité supérieur de Normalisation* en remplacement de M. le Général *Ferrié* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de *Directeur de l'Observatoire de Toulouse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule 1 de *La Science aérienne*, nouvelle série de « *L'Aéronaute* », fondée en 1868 par Hureau de Villeneuve, *Revue de la Société française de Navigation aérienne*. (Présenté par M. E. Jouguet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet généralisé pour les équations non linéaires du type elliptique*. Note (¹) de M. **J. Schauder**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous devons à M. S. Bernstein le théorème suivant (²) :

Étant donnée une équation du type elliptique

$$A(x, y, p, q)\,r + 2B(x, y, p, q)\,s + C(x, y, p, q)\,t = 0, \tag{1}$$

le problème de Dirichlet pour cette équation est toujours possible.

On envisage l'équation (1) dans le cercle-unité du plan x, y et l'on admet l'analyticité des coefficients A, B, C.

La démonstration de M. Bernstein repose sur l'application des deux méthodes introduites par lui : *a*. la méthode des fonctions auxiliaires (³) et *b*. celle des séries normales.

Je généralise le théorème de M. Bernstein de la façon suivante :

Théorème I. — *Si l'on peut affirmer* a priori *que l'équation non homogène*

(¹) Séance du 11 juillet 1932.

(²) Serge Bernstein, *Sur la généralisation du problème de Dirichlet* (*Math. Annalen*, 69, 1910, p. 82-136; théorème A, p. 126).

(³) Cf. *loc. cit.*, note (¹), p. 119-126.

du type elliptique

$$A(x, y, z, p, q)r + 2B(x, y, z, p, q)s + C(x, y, z, p, q)t = \Psi(x, y)$$

admet pour tout $\Psi(x, y)$ *et toutes valeurs limites* $\varphi(s)$ *une solution au plus* (*l'existence de cette solution n'étant pas d'ailleurs certaine*), *alors le problème de Dirichlet pour l'équation homogène correspondante*

$$A(x, y, z, p, q)r + 2B(x, y, z, p, q)s + C(x, y, z, p, q)t = 0,$$

avec des valeurs $\varphi_1(s)$ *arbitraires données sur le contour* (*suffisamment régulières*) *est toujours résoluble.*

Démonstration. — La démonstration du théorème I repose sur une combinaison des fonctions auxiliaires avec la théorie moderne des conditions de Hölder, sans employer les séries normales. Je commence donc, comme M. Bernstein, par la méthode élégante des fonctions auxiliaires ([1]) pour limiter d'abord les dérivées de z du second ordre et des ordres supérieurs, mais en adaptant cette méthode aux conditions généralisées du théorème I. On n'admet pas, notamment, l'analyticité de A, B, C, on suppose seulement que les dérivées troisièmes D_3A, D_3B, D_3C existent et sont continues-Hölder avec un exposant α $(0 < \alpha < 1)$. Il suffit d'ailleurs de limiter *a priori* les modules des dérivées partielles du troisième ordre de z; la limitation des dérivées premières résulte d'un théorème remarquable de M. Tibor Radó ([2]).

Au lieu des séries normales j'emploie les conditions de Hölder, en levant les difficultés qui résultent de la combinaison des fonctions auxiliaires avec les conditions de Hölder par un lemme, que j'ai démontré récemment ([3]). La partie suivante de la démonstration repose sur le théorème :

Si l'équation du type elliptique

$$F(x, y, z, p, q, r, s, t) = \psi(x, y),$$

possède, quelles que soient les valeurs limites $\varphi(s)$ et le second membre

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Cf. T. Radó, *Geometrische Betrachtungen über zweidimensionale reguläre Variationsprobleme* (*Acta Lit. ac Scient.*, *Szeged*, 1924-1926, p. 228-253), et J. v. Neumann, *Ueber einen Hilfssatz der Variationsrechnung* (*Abh. d. Math. Sem. Hamburg*, 8, 1931, p. 28-31).

([3]) Cf. J. Schauder, *Ueber den Zusammenhang zwischen der Eindeutigkeit und Lösbarkeit partieller Differentialgleichungen zweiter Ordnung vom elliptischen Typus* (*Math. Ann.*, 106, 1932, p. 661-721, lemme XI).

$\psi(x, y)$, *une* solution au plus (l'existence de cette solution n'étant pas d'ailleurs certaine), alors l'existence de la solution pour $\varphi_0(s)$ et $\psi_0(x, y)$ entraîne l'existence de cette solution dans un voisinage de φ_0 et de ψ_0 (1).

On obtient d'une manière analogue (sans utiliser les séries normales) des généralisations de tous les autres théorèmes dus à M. Bernstein dans la théorie des équations du type elliptique.

Par exemple, on peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Prémisses : On sait que l'équation non homogène du type elliptique*

$$F(x, y, z, p, q, r, s, t) = \psi(x, y) \tag{2}$$

possède, pour ψ et φ quelconques, UNE *solution au plus (l'existence de cette solution n'étant pas d'ailleurs certaine).*

Thèse : Pour que l'équation (2) soit toujours résoluble, il faut et il suffit qu'on puisse limiter a priori *les modules des dérivées secondes de la solution « comme fonctions de lignes » de φ et ψ.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le déplacement de l'eau et sur la nature des ondes enregistrées dans les explosions sous-marines.* Note (2) de M. **J. Ottenheimer**, présentée par M. E. Jouguet.

Dans une Note antérieure (3), nous avons signalé l'existence d'une onde musicale précédant l'onde de choc produite par une explosion sous-marine, sans pouvoir préciser, à l'époque, la nature exacte de cette onde. Depuis, au cours d'expériences postérieures, sur des charges de 129^{kg} d'explosif, nous avons retrouvé le même phénomène suivi de plusieurs fronts d'ondes raides se produisant dans un cas aux temps $0 - 0^s,025 - 0^s,115 - 0^s,172$, et, dans un autre cas, à $0 - 0^s,040 - 0^s,109 - 0^s,145$. Avec des charges plus petites ($0^{kg},800$), en utilisant des microphones très peu sensibles, placés à des distances de 600^m et 2100^m du centre d'explosion, nous n'avons pas retrouvé la même onde, mais nous avons mis en évidence, dans un cas, deux fronts de pression brusque, dans un autre cas, quatre fronts de pression (*Mémorial de l'Artillerie française*, 7, 1, 1928) aux temps

$$0 - 0^s,017 - 0^s,036 - 0^s,071.$$

(1) *Loc. cit.*, note (4), théorème IV.

(2) Séance du 4 juillet 1932.

(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 618.

Par ailleurs l'Ingénieur principal hydrographe Marti a observé, au cours de sondages par détonations sous-marines, une seconde onde principale se produisant environ $0^s,12$ après la première.

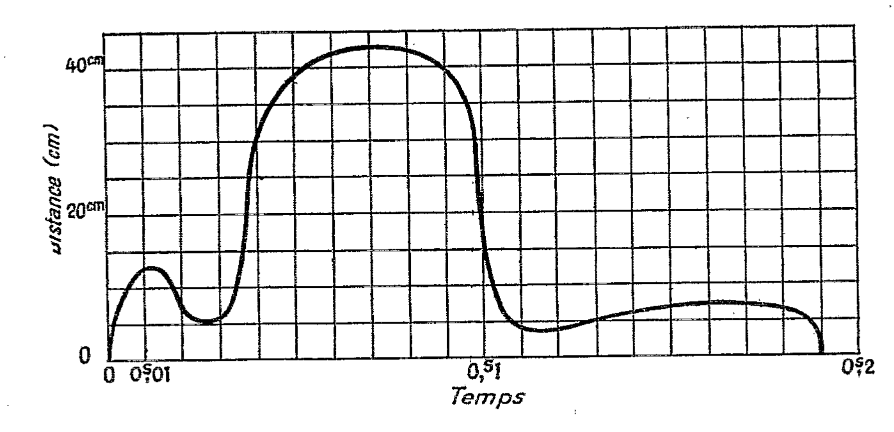
Pour élucider cette question, nous nous sommes proposé d'étudier le déplacement de l'eau après l'explosion en suivant une méthode décrite par M. Carl Ramsauer (*Mémorial de l'Artillerie française*, 8, II, 1929). Considérons un circuit électrique constitué par un fil reliant une batterie de piles :

1° à une tige métallique immergée, isolée, sauf à sa partie inférieure;

2° à un fil métallique dénudé en contact avec la mer.

Au repos, le courant se ferme par l'eau de mer. Supposons qu'une explosion ait lieu au point O ; au moment où l'eau, chassée par la détente des gaz dépassera l'extrémité de la tige isolée, le courant sera rompu et cette interruption pourra être enregistrée à terre ainsi que l'époque de production de la rupture.

Notre appareil d'enregistrement était un Boulitte, muni de deux plumes seulement; il nous a permis néanmoins de tracer la courbe du déplacement du front des gaz en fonction du temps pour une charge de 100^g. En particulier avec une tige placée à 6^{cm}, on note le passage de l'eau aux époques $0^s,0025$ — $0^s,0206$ — $0^s,028$ — $0^s,102$ — $0^s,124$ — $0^s,188$.



On voit nettement sur la courbe compensant les résultats expérimentaux trois ondulations, la première et la troisième étant d'amplitude beaucoup plus petite que la deuxième. Ces trois ondulations donnent lieu à trois marteaux d'eau se produisant pour la charge de 100^g essayée environ aux temps $0^s,02$ — $0^s,11$ — $0^s,19$ (époques des minima de la courbe). Ces résultats ne sont pas en accord avec les travaux de M. C. Ramsauer (*loc. cit.*); il

semble que l'existence de ces ondulations ait échappé à cet expérimentateur. En outre, l'amplitude maximum du mouvement de l'eau dans le cas de la charge de 100^{g} n'est que de 42^{cm} environ, alors que la formule de M. Ramsauer donne 73^{cm}.

Comparant ces résultats à ceux obtenus antérieurement par nous-même et par M. Marti, nous voyons que les ondes de choc observées sont bien réelles, mais que le phénomène, que montrent les oscillogrammes, prend naissance dans le milieu dans lequel se propagent les gaz de l'explosion. Ces ondes sont dues aux marteaux d'eau que met en évidence la courbe du déplacement du front des gaz. L'accord entre l'époque de ces marteaux d'eau et celle des fronts d'onde observés avec les charges de 129^{kg} en particulier est remarquable.

L'onde musicale enregistrée paraît correspondre à un ébranlement vibratoire communiqué par l'explosion à la masse liquide, ébranlement nettement visible immédiatement avant l'apparition de l'intumescence, lorsqu'on observe une explosion sous-marine en avion (phénomène que nous avons appelé antérieurement « tressaillement de l'eau »). Les ébranlements provoqués par les marteaux d'eau produisent des ondes de choc plus ou moins intenses suivant l'amplitude du déplacement du front des gaz.

L'intumescence et la gerbe proprement dite (*loc. cit.*, 1929) semblent correspondre aux deux premiers maxima de la courbe enregistrée, l'impulsion donnée à la mer par la troisième oscillation de l'eau étant masquée par la deuxième, beaucoup plus puissante; l'accord qualitatif entre ces diverses manifestations de l'explosion est certain.

HYDRODYNAMIQUE. — *Recherches expérimentales sur la naissance des cavitations.* Note [1] de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. Henri Villat.

Dans plusieurs publications [2], j'ai développé une théorie permettant de calculer la répartition des accélérations et des pressions initiales dans un liquide lorsque, la pression tendant à devenir négative sur la paroi d'un corps immergé, des cavitations prennent naissance. J'ai démontré que le problème pouvait être ramené à celui de la solution de problèmes mixtes connus et que, par conséquent dans certains cas, les calculs pourraient être

(1) Séance du 11 juillet 1932.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1327; 184, 1927, p. 584; *IIIe Congrès de Mécanique appliquée*, 1, p. 151, Stockholm, 1930.

poussés, dès à présent, jusqu'aux valeurs numériques. M. B. Demtchenko [1] et moi [2] avons discuté en détail deux cas particuliers de cette théorie; quelques lignes de courant dans le mouvement relatif ainsi que les cavités qui se creusent au début du mouvement correspondant à ces deux cas, sont représentées sur les figures 1 et 2. Cette théorie permet aussi de prévoir que

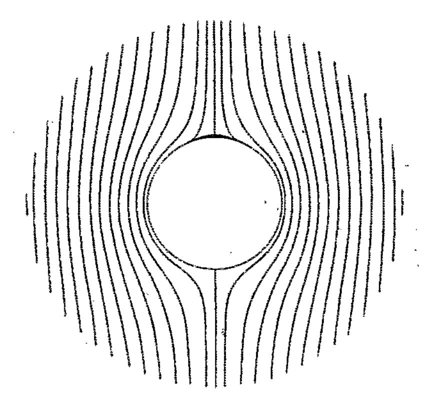


Fig. 1. — Cavitation prenant naissance sur la paroi d'un cylindre mis brusquement en mouvement.

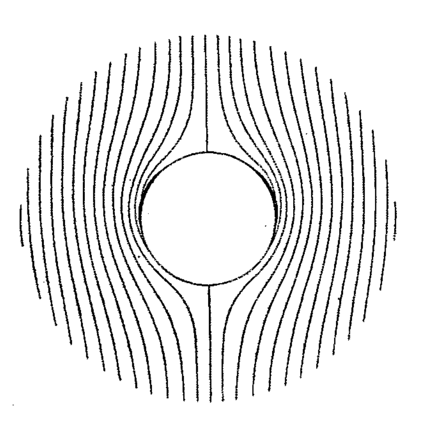


Fig. 2. — Cavitation prenant naissance sur la paroi d'un cylindre animé d'une vitesse uniforme lorsque la pression, exercée sur la surface extérieure libre du liquide, diminue brusquement.

dans le cas d'une sphère, des cavitations analogues doivent prendre naissance. Les expériences décrites ci-dessous semblent confirmer ces déductions.

J'ai employé l'appareil, destiné à l'étude du phénomène de la naissance des cavitations et du phénomène connexe des variations locales brusques de la densité dans les gaz, que j'avais décrit antérieurement (*International Air Congres*, London, 1923, p. 287; *Bulletin du Service Technique de l'Aéronautique*, 17 avril 1924, p. 94; *IIIe Congrès de Mécanique appliquée*, I, p. 157, Stockholm, 1930). Un cylindre circulaire et une sphère, de 10^{cm} de diamètre, étaient placés successivement au milieu d'un réservoir complètement rempli d'eau et muni de deux hublots. La pression exercée sur la surface libre extérieure du liquide, dans un ajutage en verre dont était muni le réservoir, pouvait être modifiée à volonté. Le corps et l'axe qui le soute-

(1) *Comptes rendus*, 194, 1931, p. 272.

(2) *Sur quelques problèmes de mécanique des fluides relatifs aux parachutes. Ier Congrès de la sécurité aérienne*, décembre 1930, Paris (en cours de publication).

nait étaient mis brusquement en mouvement par la chute d'un poids de 30^{kg}, tombant d'une hauteur de 80^{cm}. La vitesse communiquée au corps était d'environ 4 m/s et le corps se déplaçait ensuite, sur une distance de 10^{cm}, avec



Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.
Mise brusque en mouvement d'une sphère dans l'eau. Pression extérieure 76^{cm} de mercure.

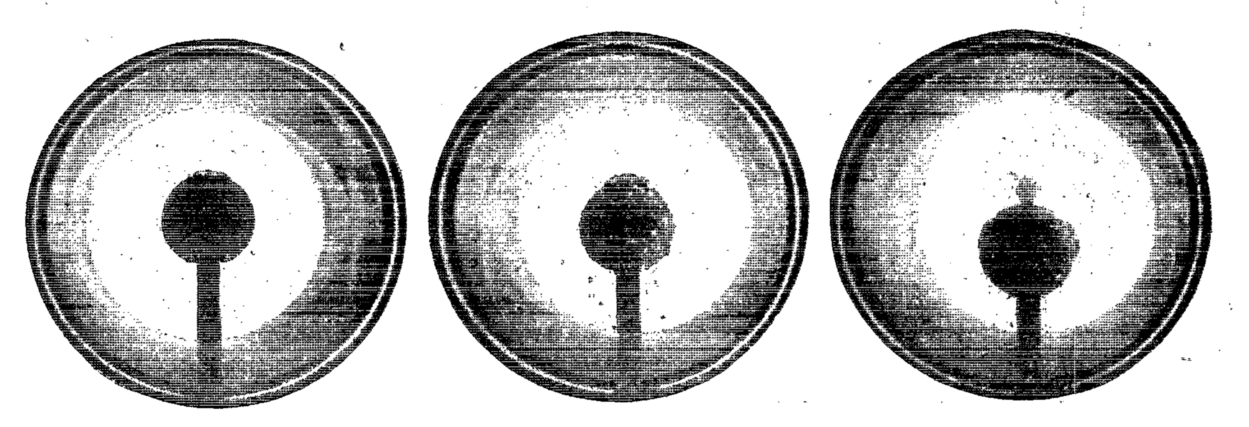


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.
Mise brusque en mouvement d'une sphère dans l'eau. Pression extérieure 6^{cm} de mercure.

une vitesse à peu près constante. Sur les figures 3, 6 la distance parcourue par la sphère, après la percussion, était d'environ 1^{cm}; sur les autres figures cette distance augmente progressivement.

Ces photographies ont été obtenues en utilisant le dispositif d'éclairage à lampe au néon (Stroborama) de MM. L. et A. Séguin [1] et avec le con-

---

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 539.

cours de M. A. Séguin. La durée de l'éclair était de l'ordre de grandeur d'un millionième de seconde.

Les cavités commencent à se creuser effectivement aux sommets du cylindre et de la sphère; elles tendent ensuite à se détacher de la paroi et se contractent brusquement en ne laissant qu'un petit résidu de bulles d'air. Lorsque la pression extérieure diminue, le volume de la cavité doit augmenter et l'on peut apercevoir sur la figure 8 que, tandis que la cavité, déterminée par l'accélération initiale de la sphère, commence à se contracter, une cavitation annulaire, analogue à celle qui est tracée sur la figure 2, prend naissance sur l'équateur de la sphère. Les bulles d'air qu'on aperçoit sur les figures 7 et 8 ne sont pas à l'intérieur du réservoir, mais elles se sont dégagées à la surface des hublots, comme on s'en rend compte en examinant des vues stéréoscopiques du phénomène étudié.

ASTRONOMIE. — *Sur la corrélation entre la vitesse d'ensemble des étoiles et leur distance au plan galactique.* Note de M. **Henri Mineur**, M[lles] **Renée Canavaggia** et **Marie-Louise Fribourg**, présentée par M. Hadamard.

1° Nous avons signalé dans un travail récent [*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1357, et *Bulletin astronomique*, 6, ix, p. 355 (en collaboration avec MM. Varchon, Barbier et M[lles] Chevallier et Roumens) (voir également Mineur, *Bulletin astronomique*, 6, i, p. 281)] que la vitesse d'ensemble des étoiles, et particulièrement celle des géantes, paraissait dépendre de leur distance z au plan galactique; nos calculs étaient basés uniquement sur les vitesses radiales stellaires.

Il y a un mois M. J. M. Mohr a publié un Mémoire [1] dans lequel il reprend ce problème; il parvient à un résultat différent du nôtre, car il trouve que l'apex est indépendant de z.

2° Pour traiter à nouveau ce problème nous avons utilisé les vitesses spatiales de 1500 étoiles géantes des types G, K et M. Nous avons calculé les coordonnées galactiques x, y, z de chaque étoile ainsi que les projections X, Y, Z de sa vitesse sur les mêmes axes; nous avons classé les étoiles en 11 groupes d'après z et pour chaque groupe nous avons calculé l'apex.

3° Pour obtenir des résultats plus sûrs nous avons combiné par moyennes

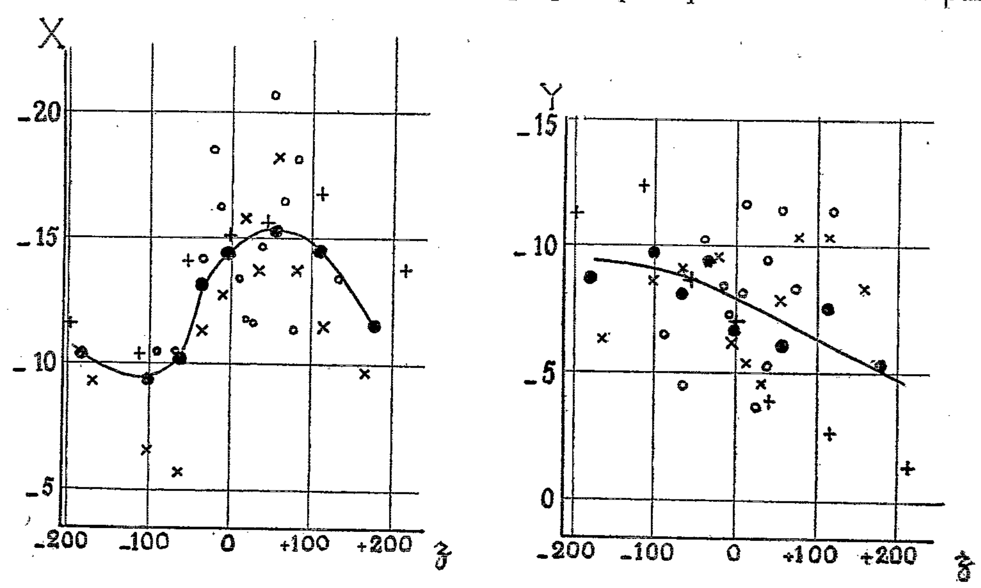
---

[1] *Monthly Notices of Roy. Astr. Soc.*, 92, 1932, p. 562.

pondérées les résultats précédents avec ceux que nous avions déduits auparavant des vitesses radiales et avec les résultats de M. Mohr lui-même :

z parsecs.	X.	Y.	Apex. *l*.	*b*.	S.	α.	δ.
−185	−10,5	−8,8	40°,0	23°,7	14,9	273°,5	+45°,1
−105	− 9,5	−9,8	45,9	23,7	14,9	275,6	+50,3
− 63	−10,4	−8,0	37,6	24,5	14,4	271,6	+43,1
− 35	−13,4	−9,5	35,3	20,0	17,5	275,7	+39,7
0	−14,6	−6,7	24,7	20,5	17,2	271,6	+30,6
+ 50	−15,4	−6,0	21,3	20,0	17,6	271,7	+27,1
+113	−14,5	−7,6	27,6	20,1	17,4	273,5	+32,9
+180	−11,5	−5,2	24,4	25,4	14,0	266,0	+31,8

4° Ces moyennes semblent montrer des variations de X et de Y avec *z* (voir figure). On peut essayer d'expliquer pourquoi M. Mohr n'a pas



On a porté en abscisses *z*, distance au plan galactique en parsecs, et en ordonnées X (figure de gauche) et Y (figure de droite) composantes galactiques de la vitesse d'ensemble des étoiles. Les O représentent les résultats de M. J.-M. Mohr, les + représentent les résultats obtenus par nous au moyen des vitesses radiales seules, les × représentent les résultats obtenus par nous au moyen des vitesses spatiales et les . représentent les moyennes pondérées des points précédents.

aperçu ces variations : les points obtenus par lui ne s'étendent que sur un intervalle de variation de *z* deux fois plus petit que le nôtre et voisin du maximum de X; de plus, ses groupes stellaires comprennent peu d'étoiles et

la dispersion des valeurs qu'il a obtenues pour X et Y est trop élevée pour déceler les faibles variations de X et Y, comme on le reconnaît à l'aspect de la figure.

5° Sans proposer d'interprétation de ce résultat, signalons que les points X, Y ont tendance à se déplacer dans la direction $l_0 = 350°$ lorsque z croît. Ceci ne paraît pas s'accorder avec la théorie des sous-systèmes de Lindblad, d'après laquelle on devrait attendre un déplacement des points dans la direction $l_0 = 240°$ lorsque z augmente en valeur absolue.

6° La dispersion des valeurs individuelles sur la figure montre que notre résultat est peu certain et que nous n'avons apporté encore qu'une présomption; il importerait que ce problème soit repris par d'autres calculateurs; jusque-là le doute s'impose.

SYSTÈMES DISPERSÉS. — *La théorie de Debye et Hückel et l'électrophorèse.* Note [1] de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

La mobilité des particules d'un système dispersé est essentiellement fonction de la nature et de la concentration de l'électrolyte du liquide intergranulaire. Dans beaucoup de cas, on vérifie que $1 - u/u_0$, où u_0 représente la mobilité pour une dilution infinie et u la mobilité pour une concentration C, est proportionnel à $\sqrt{C}$. Ainsi que je l'ai montré antérieurement avec M. Quintin [2], on peut rendre compte de cette relation en invoquant un phénomène d'absorption d'ions; la théorie de Debye-Hückel permet de prévoir le même résultat pour des électrolytes très dilués. On sait que u est donné par $u = D\psi/6\pi\eta$ où ψ représente la différence de potentiel entre le grain et le liquide ou le potentiel électrocinétique, D le pouvoir inducteur spécifique et η le coefficient de viscosité. Si l'on admet que ψ peut être calculé à partir de la théorie de Debye, on montre facilement que

$$\psi = \frac{E}{Da} \cdot \frac{1}{1 + a\varkappa},$$

---

(1) Séance du 4 juillet 1932.

(2) R. Audubert et M. Quintin, *J. de Chim. phys.*, 2e série, 23, 1925, p. 176.

où E représente la charge de la particule, a, son rayon et $\varkappa$ la grandeur caractéristique de son atmosphère ionique, égale à $(4\pi\varepsilon^2/\mathrm{D}k\mathrm{T}\Sigma n_i z_i^2)^{\frac{1}{2}}$, ε étant la charge de l'électron, k la constante de Boltzmann, n_i le nombre par unité de volume d'ions de valence z_i. Par suite

$$u = \frac{\mathrm{E}}{6\pi\eta a}\cdot\frac{1}{1+\varkappa a}.$$

Supposons d'abord E invariable, l'influence de l'électrolyte s'exerçant alors uniquement sur la densité de l'atmosphère ionique c'est-à-dire sur $\varkappa$; cette relation montre bien comme l'expérience le confirme si l'on considère la densité superficielle comme constante $(\mathrm{E} = 4\pi a^2\sigma)$, que pour les gros grains la vitesse est indépendante du rayon.

Dans un milieu de dilution infinie $u_0 = \mathrm{E}/6\pi\eta a$, par suite

$$\frac{u_0 - u}{u_0} = \frac{\psi_0 - \psi}{\psi_0} = \frac{\varkappa a}{1+\varkappa a} = \frac{a\mathrm{A}\sqrt{\Sigma n_i z_i^2}}{1 + a\mathrm{A}\sqrt{\Sigma n_i z_i^2}},$$

A étant une constante. Si l'on admet, en première approximation, que les

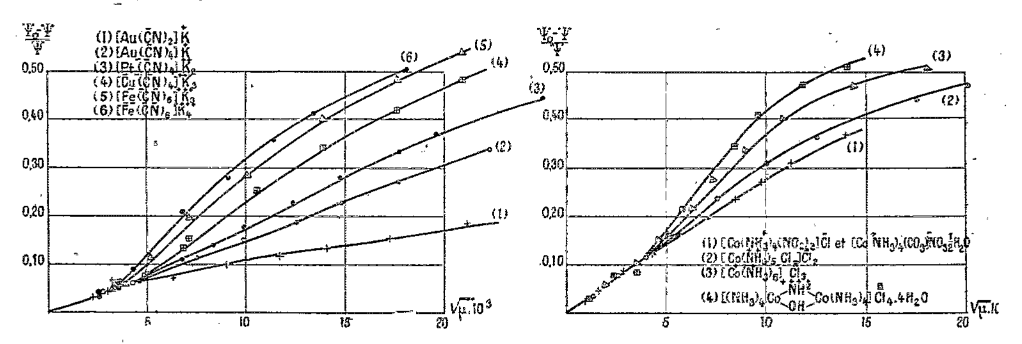


Fig. 1. — Suspension de gommé-gutte. Fig. 2. — Suspension de mastic.

grains sont assez petits et les concentrations assez faibles, on retrouve la proportionnalité à $\sqrt{\mathrm{C}}$. Il est assez difficile de soumettre la théorie à un contrôle expérimental précis, car les mesures sont délicates et au surplus, la plupart des auteurs négligent les corrections d'entraînement de viscosité, cependant indispensables.

De très bonnes mesures ont été effectuées par Freundlich et ses élèves, par ailleurs j'ai effectué de nouvelles expériences avec des suspensions de mastic et de gomme-gutte soumises à l'action d'électrolytes divers. La vérification de la théorie précédente a donc été faite sur des suspensions et

des sols de sulfures d'arsenic et d'oxyde de fer en présence de différents sels complexes [1]. Dans tous les cas la mobilité u_0 a été déterminée par extrapolation des courbes $u = f(c^{1/2})$ ce qui est plus correct que de prendre pour u_0 la valeur de la mobilité dans l'eau distillée.

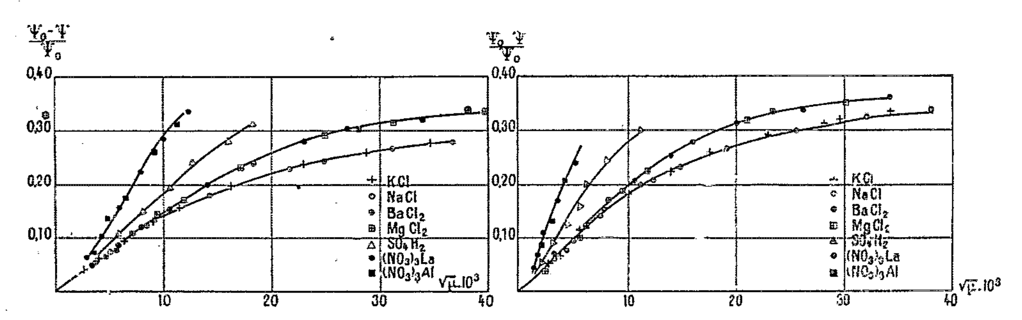


Fig. 3. — Sol : oxyde de fer.

Fig. 4. — Sol : sulfure d'arsenic.

Les courbes représentent la variation relative de la mobilité ou du potentiel électrocinétique en fonction de la force ionique des électrolytes. Si la théorie s'appliquait on devrait obtenir une courbe unique pour tous les sels. En réalité on vérifie que pour les faibles concentrations les courbes présentent une partie commune, puis elles s'écartent d'autant plus que la valence des ions est plus grande. Un tel résultat montre qu'il est correct dans un certain intervalle de concentration de calculer le potentiel électrocinétique à partir de la théorie de Debye. Les solutions acides ne semblent pas vérifier cette conclusion, ce qui témoigne de l'influence caractéristique connue des ions H^+ dans les phénomènes d'électrisation superficielle (Jean Perrin).

Les écarts observés pour les concentrations plus élevées peuvent si l'on considère comme légitimes les hypothèses sur lesquelles repose le calcul de ψ, être attribués à une variation de la charge du grain, celle-ci étant très sensible à l'influence des ions H^+ ou OH^-.

---

[1] H. Freundlich et A. P. Zeh, *Z. phys. Chem.*, 111, 1924, p. 65.

ÉLECTRICITÉ. — *Charge des petites sphères diélectriques dans un champ électrique ionisé.* Note de M. **M. Pauthenier**, Mme **M. Moreau-Hanot** et M. **R. Guillien**, transmise par M. A. Cotton.

Le calcul de la charge des sphères diélectriques dans un champ ionisé est analogue à celui qui a été fait pour les sphères conductrices [1]. Il suffit d'y remplacer les charges induites sur la particule conductrice par les charges de polarisation du diélectrique, il convient aussi en toute rigueur de modifier le terme relatif à l'image électrique; mais celui-ci, comme on l'a vu, n'intervient pas dans les résultats essentiels. Il résulte d'une discussion analogue à la précédente que, pour des particules de rayon supérieur à quelques microns, la charge limite Q_0 est alors exprimée par la relation suivante, donnée ailleurs sans discussion [2],

$$(1) \qquad Q_0 = pE_0a^2 \quad \text{en posant} \quad p = 1 + 2\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1}$$

(ε, pouvoir inducteur spécifique; E_0, intensité du champ ionisé; a, rayon de la particule).

Ces résultats ont été vérifiés par deux méthodes différentes déjà décrites. l'une électrométrique et directe spéciale aux sphères dont le rayon atteint le millimètre (M. Pauthenier et R. Guillien, *Comptes rendus*, 194, 1932); l'autre réservée aux petites sphères (rayon de 10 à 200$^\mu$) qui utilise le contrôle de leurs trajectoires [3].

Méthode des trajectoires (petites particules). — Les sphères diélectriques utilisées sont obtenues en soufflant de la gomme laque pulvérisée à travers la flamme d'un bec Mecker; leur densité est 1,14, leur pouvoir inducteur spécifique voisin de 3,2 donne à p la valeur connue 1,83 à 6 pour 100 près. Comme dans les expériences précédentes, on les abandonne sans charge ni vitesse initiale à la distance $R/2 = 10^{cm}$ de la paroi où on les recueille sur une plaque enduite de gélatine humide.

Si leur charge était instantanée, leur trajectoire serait une droite et leur hauteur de chute devrait être :

$$z_0 = \frac{R}{2}\frac{mg}{Q_0E_0} = 2{,}6\frac{a}{E_0^2},$$

(1) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1068.
(2) Ladenburg, *Ann. de Phys.*, 396, 1930, p. 863.
(3) M. Pauthenier et M. Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 260 et 544.

(E_0 étant le champ exprimé en u. e. s. c. g. s. et a le rayon des particules exprimé en microns).

Le calcul de la hauteur de chute réelle z_1 doit tenir compte de la loi de charge dans le temps (analogue à celle des sphères conductrices) et de la résistance de l'air qui a une influence plus grande sur des sphères de moindre densité. L'équation complète ne peut être intégrée; on se rend compte en faisant pour quelques cas particuliers un calcul approché que le rapport z_1/z_0, fonction croissante de a, est voisin de 1 quand a est petit (1,06 pour $a = 10\mu$) mais doit dépasser un peu 1,2 quand $a = 100\mu$.

Des séries de mesures relatives effectuées sur des sphères de 100 à 125 μ de rayon et des champs de 3 à 6^{cgs} donnent des résultats concordants et en particulier vérifient d'une façon satisfaisante la proportionnalité des charges au champ. En valeur absolue, les hauteurs de chute mesurées sont toujours supérieures à z_0, quoiqu'elles restent généralement inférieures au z_1 calculé. Le résultat doit pourtant être tenu comme assez satisfaisant étant donnée l'influence notable que peuvent avoir sur ces particules de faible densité les remous de l'atmosphère ionisée.

Mesure électrométrique (grosse particule). — D'après ce que nous venons de voir, la mesure directe de la charge de grosses particules peut seule conduire à une évaluation précise du coefficient p introduit dans la relation (1). Cette mesure a été faite par une méthode antérieurement décrite (3). Une première série de mesures effectuées sur des sphères d'*ébonite* travaillées au tour a donné des résultats quelque peu irréguliers, compris entre $p = 3$ (coefficient relatif aux conducteurs) et p calculé $= 1,75$. Les variations de la charge semblaient en rapport avec l'état de propreté plus ou moins grande de la surface, aussi les mesures suivantes ont elles toujours été faites avec des boules présentant une surface lisse passées à la flamme avant chaque expérience. Ces boules avaient environ 1^{cm} de diamètre.

Pour la paraffine, le coefficient p calculé d'après les constantes diélectriques données dans les tables est compris entre 1,57 et 1,61; les mesures ont donné les nombres 1,52 et 1,65 dont l'écart entre eux et avec les nombres précédents est de l'ordre des erreurs d'expérience.

Pour la naphtaline p calculé $= 1,725$, p mesuré $= 1,74$.

Enfin pour la *gomme laque* $1,73 < p$ calculé $< 1,95$; les valeurs mesurées de p sont 1,765, 1,75, 1,76, 1,73.

Pour ces mêmes corps, il a été possible de vérifier que p prend la valeur 3 si la surface est rendue conductrice par un léger dépôt d'hyposulfite de

soude; cette expérience est intéressante parce qu'elle vérifie pour des surfaces identiques au point de vue géométrique les deux valeurs prévues pour la charge d'une particule suivant qu'elle est conductrice ou diélectrique.

ÉLECTRONIQUE. — *Diffraction des électrons par des cristaux uniques : cas de la paraffine et des acides gras saturés.* Note de MM. **J.-J. Trillat** et **Th. v. Hirsch**, présentée par M. de Broglie.

Introduction. — De nombreux travaux ont été effectués ces dernières années sur la structure et l'orientation des acides gras saturés et des carbures paraffiniques, en utilisant la spectrographie par les rayons X. En particulier, on a montré que la cellule élémentaire des hydrocarbures saturés est un prisme orthorhombique très allongé, dans lequel la direction de la chaîne carbonée coïncide avec l'axe c, la section de la cellule étant indépendante de la longueur de la chaîne. Les acides gras saturés à nombre pair d'atomes de carbone ont au contraire une maille monoclinique dont l'axe c, qui coïncide avec la direction des chaînes carbonées, est incliné par rapport au plan de base. On en connaît deux modifications polymorphiques α et β, caractérisées par une inclinaison différente des chaînes carbonées par rapport au plan de base; on a décelé également, pour l'acide palmitique et stéarique, l'existence d'une troisième forme γ dont la structure n'est pas établie.

Méthode expérimentale. — Nous donnons ici les résultats d'expériences ayant porté sur la diffraction des rayons cathodiques par des cristaux de paraffine et d'acide stéarique. L'obtention de films très minces, nécessaires à la mise en œuvre de cette méthode, a été réalisée simplement en laissant évaporer, sur une surface d'eau, une goutte de solution éthérée de la substance étudiée; il est maintenant bien établi que, dans ces conditions, tous les cristaux sont orientés avec leur plan de base reposant à plat sur la surface de l'eau et la direction de leur chaîne carbonée disposée perpendiculairement (paraffines) ou obliquement (acides gras) par rapport à celle-ci.

Ces films organiques ont été examinés dans l'appareil que nous avons précédemment décrit (voir J. J. Trillat et Th. v. Hirsch, *Journ. de Physique*, mai 1932, p. 185). Certains points des préparations donnent lieu à des diagrammes de cristaux uniques (voir figures); la tension utilisée était de 40 kilovolts, les temps de pose de l'ordre de une à quelques secondes pour l'enregistrement sur papier Kodak Velox.

A. *Paraffine*. — Les cristaux orthorhombiques orientés, formés dans ces conditions, fournissent des taches de diffraction qui proviennent toutes des plans de la zone [001] (indices h, k, o); les diagrammes (*fig*. 1) donnent directement les longueurs des arêtes de la base du prisme orthorhombique ($a_1 = 7,30$ Å; $a_2 = 4,84$ Å).

B. *Acide stéarique*. — Lorsqu'on place perpendiculairement au pinceau d'électrons un film d'acide stéarique orienté sur l'eau, la direction des chaînes carbonées (axe c) n'est plus, comme pour la paraffine, parallèle à

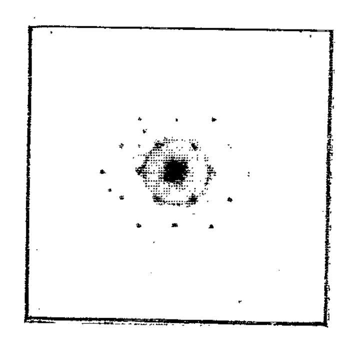


Fig. 1. — Cristal unique de Paraffine.

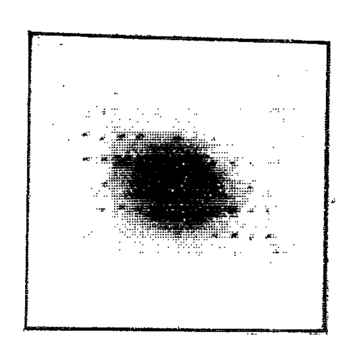


Fig. 2. — Acide Stéarique forme β.

ce pinceau, puisque nous avons dit au début que l'axe c était incliné sur le plan de base. Le faisceau primaire est alors sensiblement parallèle à une rangée [hol] qui se trouve dans une direction presque normale à la base, et la figure de diffraction est produite par réflexion sur les plans appartenant à cette zone [hol].

Dans ce cas, parmi tous les plans parallèles à la chaîne carbonée, seul le plan (010), qui est normal au plan de base, peut donner lieu à des réflexions. Celles-ci fournissent les deux points les plus intenses du diagramme; tous les autres points, qui proviennent de réflexions sur des plans qui ne sont pas parallèles à la direction de la chaîne, sont en général moins intenses que les premiers (voir *fig*. 2).

L'étude des clichés permet de mettre immédiatement en évidence la présence dans la même préparation des deux formes polymorphiques α et β, qui ont par suite de l'inclinaison de la chaîne carbonée des paramètres différents dans le plan de base. Ce sont surtout les positions des fortes taches (020) qui permettent de distinguer facilement entre les deux formes.

La finesse des taches obtenues se prête très bien à la mesure des périodes d'identité a et b dans le plan de base (001). Pour calculer ces paramètres,

il est commode d'interpréter l'image de diffraction comme provenant d'un réseau à deux dimensions constitué par les atomes contenus dans le plan (001); la considération du réseau à trois dimensions n'étant en effet utile que pour l'explication des intensités, comme on l'a vu un peu plus haut.

Toutes nos expériences ont été faites à la tension de 40 kilovolts mesurée à l'électromètre de Schröder et Starke.

On trouve ainsi :

Acide stéarique α...........	$a = 9,15$ Å	$b = 4,85$ Å
Acide stéarique β...........	$a = 5,46$ Å	$b = 7,30$ Å

ces valeurs sont inférieures d'environ 2 pour 100 à celles données par les rayons X : ceci provient probablement d'une indication un peu trop élevée du voltmètre électrostatique.

Nous avons observé une fois *un autre type de diagramme*, pour lequel on a trouvé les périodes d'identité suivantes : $a = 7,30$ Å; $b = 5,02$ Å. Il est possible qu'il s'agisse là de la troisième modification γ de l'acide stéarique, signalée par Piper.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Confrontation avec l'expérience de la théorie de la dispersion dans le domaine hertzien.* Note de MM. **Pierre Girard** et **P. Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note antérieure [1], nous avons donné les valeurs expérimentales de ε' et de $\varepsilon''/\varepsilon'$ pour dix corps polaires à la température de 20°. En se rapportant aux courbes publiées on peut voir que pour ε' les points expérimentaux jalonnent les courbes théoriques calculées soit à partir de la formule de Drude

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{1 + A^2\omega^2},$$

où le terme A est le coefficient d'amortissement de l'oscillation moléculaire caractéristique, soit à partir de l'équation de Debye qui explicite le terme A et rend compte de l'effet de température. Si l'on se rapporte aux valeurs de a (rayon de la molécule) calculées comme il a été dit dans la Note antérieure [1] on voit que le désaccord de ces valeurs avec les valeurs

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 119.

de a dans la théorie cinétique conduit à penser que la viscosité et le volume moléculaire cinétique ne sont pas les seuls facteurs dont dépend la localisation de la courbe de dispersion dans la gamme de fréquences comme l'implique la théorie de Debye développée à partir de la relation de Clausius Mossotti et des hypothèses qu'elle implique.

Appelons volume de rotation le volume déduit de a tel que nous l'avons calculé pour obtenir l'accord avec les points expérimentaux. Le rapport du volume moléculaire obtenu en partant de la masse moléculaire, de la densité et de N, au volume de rotation mesurera l'écart entre la théorie de Debye et les données de l'expérience. Voici les valeurs de ce rapport pour les corps étudiés. En ce qui concerne l'eau, nous nous sommes basés sur la donnée expérimentale que pour $\lambda = 17^{cm}$ la valeur de la C. D. diffère de ε_1 de moins de 3 pour 100.

Alcool *n*-propylique	1,5
» *i*-propylique	1,9
» *n*-butylique	1,3
» *i*-butylique	1,4
» *n*-amylique	1,3
» *i*-amylique	1,4
Dichlorhydrine symétrique	16
Dichlorhydrine dissymétrique	18,5
Glycol	93
Glycérine	530
Eau	>21

En ce qui concerne les alcools, nos résultats sont sensiblement d'accord avec ceux de Mizushima [1] qui expérimentait à des températures et à des longueurs d'onde différentes des nôtres. Pour ces corps, le désaccord entre la théorie et l'expérience oscille entre 30 et 90 pour 100. Ce désaccord qui sans être énorme est déjà sensible apparaît frappant dans le cas des alcools propyliques dont les courbes de dispersion sont nettement distinctes et qui cependant ont à peu près la même viscosité, le même rayon cinétique et exactement le même ε_1. On voit ici apparaître la nécessité d'introduire dans une théorie de la dispersion un facteur de configuration : forme géométrique à laquelle on ramène la molécule et répartition des charges électriques à l'intérieur de cette molécule dont dépendra l'orientation du moment permanent.

---

(1) *Scientif. Papers Inst. Physic. Chem. Research*, 9, 1928, p. 209-231.

Mais le désaccord apparaît beaucoup plus considérable pour les dichlorhydrines, le glycol, la glycérine et l'eau. Pour la glycérine il est particulièrement grand. D'ailleurs pour ce corps, les points expérimentaux s'écartent assez de la courbe théorique. La viscosité ne semble pas suffire à expliquer ce désaccord. En tout cas, comme nous venons de le dire, en ce qui concerne les alcools propylique normal, isobutylique et amylique normal, malgré la grande différence des températures et par suite des viscosités, nos résultats et ceux de Mizushima concordent. De toute façon, il reste à expliquer que les valeurs que nous avons été conduits à donner à a dans le calcul de la courbe de dispersion sont pour ces corps extrêmement inférieures aux valeurs données par la théorie cinétique. M. Francis Perrin nous fait remarquer que, dans les cas que nous avons étudiés, les molécules pour lesquelles la théorie de Debye (réserve faite du facteur de configuration et de l'orientation du moment) apparaît acceptable ne renferment qu'une seule fonction où se localise le moment permanent; au contraire, les molécules pour lesquelles le désaccord est considérable renferment plusieurs fonctions de cette sorte.

En ce qui concerne $\varepsilon''/\varepsilon'$, les valeurs expérimentales sont en général sensiblement inférieures aux valeurs théoriques surtout au voisinage des maxima. Cependant des mesures faites sur des solutions conductrices que nous publierons plus tard nous ont montré un bon accord entre les valeurs d'absorption calculées à partir des données expérimentales et les valeurs de la conductivité mesurée en basse fréquence. Il est possible qu'en ce qui concerne les courbes $\varepsilon''/\varepsilon'$ pour certaines molécules, la multiplication des points expérimentaux nous conduisent à admettre l'existence de plusieurs maxima correspondant à l'existence de différentes sortes de dipôles ou de plusieurs constantes de temps de relaxation.

La nécessité paraît en somme établie de perfectionner la déjà remarquable théorie de Debye en y introduisant de façon que l'expérience nous permettra peut-être de préciser, un facteur représentatif de la constitution moléculaire.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Biréfringence magnétique de sels de terres rares en solution aqueuse*. Note de M. **Ch. Haenny**, présentée par M. G. Urbain.

Des sels de plusieurs éléments du groupe des terres rares présentent, en solution aqueuse, des biréfringences magnétiques facilement mesurables,

tout aussi grandes que celles que j'ai indiquées à propos du nitrate céreux. Cette étude a été faite à Bellevue, dans le champ du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences, en utilisant un dispositif déjà décrit ([1]). Dans quelques cas, je me suis servi des pièces polaires en coin de 61^{mm} de diamètre ([2]), au lieu de celles de 25^{cm} dont j'avais exclusivement fait usage dans les précédentes recherches sur le cérium. On réduit de cette manière la longueur de l'entrefer, ce qui permet de travailler avec de petites quantités de solution dans des champs magnétiques plus intenses.

Ces mesures ont généralement été effectuées sur des solutions de nitrates en raison de leur grande solubilité dans l'eau. Les solutions préparées à partir des oxydes de terres rares contenaient de l'acide nitrique libre. Je me suis assuré plusieurs fois que les biréfringences magnétiques mesurées étaient bien un effet du sel dissous. J'ai, en particulier, pu constater que des filtrations répétées sur manchons de collodion ne modifiaient pas les valeurs des biréfringences observées dans le champ magnétique.

Les valeurs *b*, données ci-dessous, sont les biréfringences des solutions pour la radiation verte du mercure ($\lambda = 546 m\mu$), rapportées à celle du nitrobenzène prise égale à 100 dans les mêmes conditions.

Numéros atomiques. Éléments des terres rares.	Sels dissous.	Concentrations gr. d'oxyde M^2O^3 extrait de 1$^{cm^3}$.	t°C.	*b*.
57 La......	nitrate	sol. saturée	–	non mesurable
58 Ce......	nitrate céreux	0,693 de CeO^2	21,0	−59,52
59 Pr......	nitrate	0,425	18,0	−16,07
60 Nd.....	nitrate double Nd, Mg	sol. saturée	–	non mesurable
62 Sm.....	nitrate	0,43	17,8	− 3,99
63 Eu.....	»	0,113	17,5	+ 3,11
64 Gd.....	chlorure	sol. saturée	–	très faible
65 Tb.....	nitrate	0,125	16,8	−46,36
66 Dy.....	»	0,101	16	− 4,55
67 Ho.....	»	0,086	16	−27,99
68 Er......	»	0,090	19,5	+13,82
70 Yb.....	»	0,24	17	+53,48

En outre, pour l'yttrium, qui appartient au même groupe du système périodique, et qui se trouve fréquemment mélangé aux terres rares pro-

([1]) C. Haenny, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 931.
([2]) A. Cotton et G. Dupouy, *ibid.*, 190, 1930, p. 544 et 602.

prement dites, la solution aqueuse saturée du chlorure ne donne qu'une biréfringence magnétique très faible.

J'ai été conduit à attribuer au nitrate d'erbium, en solution aqueuse, une biréfringence magnétique positive, telle que l'avait déjà signalée Elias (1). J'avais tout d'abord trouvé, l'an dernier, pour un échantillon, un effet de ce signe et pour un autre, d'origine commerciale, contenant d'autres terres rares, un effet négatif dont la valeur s'accorde avec celle qui a été publiée depuis par Chinchalkar (2).

J'ai repris l'étude de plusieurs échantillons plus purs pour lesquels j'ai toujours observé des biréfringences magnétiques positives. Il faut admettre que le nitrate d'erbium lui-même est doué en solution aqueuse d'une biréfringence magnétique positive, les valeurs négatives obtenues s'expliquant par la présence d'autres terres rares telles que le holmium qui présente dans ces conditions une biréfringence magnétique négative assez forte.

Une autre solution aqueuse d'un sel diamagnétique, le nitrate de thorium, qui n'appartient plus à la série des terres rares, présente également une biréfringence magnétique négative assez importante pour être facilement étudiée.

Comme on voit, les nitrates de terres rares peuvent donner lieu à des biréfringences magnétiques des deux espèces : positives ou négatives.

La grandeur de cet effet Cotton-Mouton observé dans le cas des électrolytes paramagnétiques, n'est pas en relation simple avec la valeur du moment magnétique atomique. Des solutions de sels fortement paramagnétiques, tels que ceux du gadolinium, de l'europium ou du dysprosium, par exemple, ne possèdent que des biréfringences magnétiques faibles.

Les biréfringences magnétiques des solutions des nitrates de terbium ou d'ytterbium mesurées dans ces conditions, sont proportionnelles au carré du champ, de la même manière que l'ont établi MM. Cotton et Mouton pour les liquides purs diamagnétiques.

(1) Elias, *Verhandlungen der Deustchen Physikalischen Gesellschaft*, **12**, 1910, p. 955.

(2) S. W. Chinchalkar, *The Indian Journal of Physics*, 6, 1931, p. 581.

OPTIQUE. — *Méthode pour l'étude de la soudure et de la dilatation des verres. Compensateur de biréfringence.* Note (1) de M. **Pierre Tarbés**, présentée par M. A Cotton.

Lorsqu'on soude ensemble deux verres différents, ou un verre à un métal, la différence de dilatation soumet le verre à des efforts internes. Or la limite élastique peut être dépassée sans que la rupture soit immédiate : elle peut être retardée de plusieurs mois. Il est donc utile d'apprécier à l'avance la sécurité d'un tel joint. C'est le but du procédé suivant qui donne en outre les indications précises sur les dilatations relatives des éléments du joint.

Principe. — La méthode consiste à mesurer par la biréfringence qu'ils produisent les efforts développés dans une éprouvette de soudure. L'éprouvette est réalisée en soudant au chalumeau les deux verres façonnés en baguettes cylindriques, la surface de séparation étant laissée bien plane. On recuit pour éviter la trempe. Les efforts résultants des contractions inégales donnent naissance à des biréfringences rayonnantes, de sens opposés de part et d'autre de la soudure.

Mesure. — L'éprouvette est examinée entre nicols croisés dans une direction parallèle à la surface de séparation des deux verres. On mesure la biréfringence apparente au niveau de la soudure, au centre de l'éprouvette. Il suffit pour cela de repérer la teinte de polarisation chromatique obtenue à l'aide d'une lame à teinte sensible. Pour des mesures plus précises on utilise un compensateur de biréfringence. Une étude expérimentale permet de relier les valeurs obtenues à la sécurité des soudures. Les valeurs maximum ainsi trouvées sont, pour des éprouvettes de 5^{mm} de diamètre : 0,5 à 0,6 λ ($\lambda = 5650$ Å) pour les verres usuels ; 0,8 λ pour certains borosilicates ; 0,2 à 0,3 λ pour le cristal.

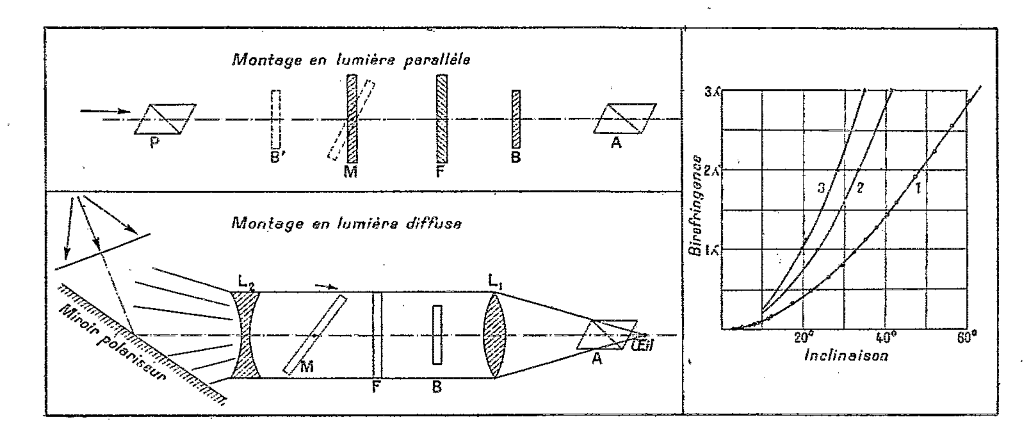
Cas d'un métal. — Pour la soudure verre-métal, les éprouvettes sont constituées en enrobant une tige cylindrique de métal d'une couche régulière de verre. L'éprouvette est examinée (immergée), perpendiculairement à la tige.

Précision. — Dans le cas de l'éprouvette de soudure, si le diamètre est assuré à $\pm 0^{mm},2$ près, et si la surface de séparation apparaît bien plane,

(1) Séance du 4 juillet 1932.

les écarts de mesure ne dépassent pas 0,05 λ (0,07 à 0,08 λ tout au plus, pour certains verres), précision satisfaisante car deux verres commercialement identiques, donnent souvent, associés entre eux des biréfringences de 0,20 λ. On peut augmenter la précision en rectifiant les éprouvettes par rodage.

Comparaison des dilatations. — La valeur des biréfringences dépend de plusieurs facteurs : dilatation, élasticité, etc., mais leur *sens* ne dépend que des valeurs relatives des dilatations des deux verres. Examiné, comme indiqué plus haut, le verre le plus dilatable des deux est celui où la vibration lente est parallèle à la surface de soudure (au moins pour les verres de soufflage). L'examen en polarisation chromatique permet donc de classer les verres l'un par rapport à l'autre. On décèle ainsi des différences de coefficients de dilatation inférieures à 2.10^{-8}, résultat péniblement atteint au dilatomètre.



La valeur de la biréfringence, sans constituer une mesure, donne une indication quantitative sur la différence des dilatations. En comparant à une gamme de verres ou métaux étalons, on peut avoir rapidement une idée précise de la dilatation de l'échantillon, plusieurs dizaines d'essais demandant moins de temps qu'une seule mesure dilatométrique. On peut même espérer pouvoir relier la différence de dilatation à la valeur des biréfringences : nous n'avons encore réalisé que quelques essais dans ce sens.

Compensateur utilisé. — Il est constitué par deux lames de mica identiques M et F (voir la figure). La lame M peut tourner autour d'une de ses lignes neutres, perpendiculaire au plan de figure. Un tambour mesure sa

rotation. F est fixe et perpendiculaire au plan de figure. Les deux lames sont croisées, donc lorsque M est parallèle à F, la biréfringence est nulle. En inclinant M sa biréfringence augmente par suite de la plus grande épaisseur traversée par la lumière, et surtout par suite de la variation de direction des rayons dans le mica. L'axe de rotation est la ligne neutre qui contient les traces des axes optiques. L'ensemble acquiert donc une biréfringence uniforme dans tout le champ et croissant avec l'inclinaison. On compense ainsi la biréfringence à mesurer placée en B ou B'. L'appareil est gradué par étalonnage car le phénomène est compliqué par les réflexions multiples et la polarisation par réflexion sur les faces.

Précision du compensateur. — Avec le mica utilisé et des lames d'une onde (5750 Å), on mesure jusqu'à 3 ondes pour une inclinaison de 60°. La limite inférieure de mesure est de 0,015 à 0,02λ; les erreurs sont inférieures à ±0,02λ dans toute l'échelle. La figure montre à droite les courbes d'étalonnages avec des lames 1, 2 et 3 ondes. L'appareil est d'une grande simplicité de construction et peut mesurer de grandes biréfringences.

OPTIQUE. — *Sur la polarisation des bandes de fluorescence de la vapeur de cadmium.* Note de M. **Leonard Sosnowski**, présentée par M. M. de Broglie.

M. Kapuściński a observé dans la vapeur de cadmium une fluorescence de raies, qui consiste dans l'émission des raies intenses de la lumière excitatrice, situées dans la région des bandes continues d'absorption [1]. Afin de préciser les conditions de cette réémission, j'ai étudié la polarisation de la lumière de fluorescence du cadmium excitée soit par de la lumière polarisée rectilignement, soit par de la lumière non polarisée.

A l'aide d'un prisme de Wollaston, j'ai obtenu deux images, polarisées à angle droit, du faisceau de fluorescence. Ces images ont été projetées sur la fente d'un spectrographe à optique de quartz.

Pour comparer les intensités, il a été nécessaire d'introduire des corrections dues à l'affaiblissement inégal des deux faisceaux par le système optique.

Pour déterminer le degré d'une polarisation faible, cette méthode s'est

(1) Kapuściński, *Nature*, 116, 1925, p. 863.

montrée trop peu précise et j'ai employé ensuite comme analyseur une lame de Savart, jointe à un prisme de Wollaston. Le dispositif optique était monté de manière que les franges d'interférence soient perpendiculaires à la fente du spectrographe; le degré de polarisation était déterminé par une méthode de compensation au moyen d'une plaque de quartz. On observait toujours dans la direction perpendiculaire à celle du faisceau excitateur (faiblement convergent).

Les étincelles de Cd, Zn et Al ont servi comme sources de lumière excitatrice; celle-ci était polarisée au moyen d'un prisme de Glan.

Le tube de silice, contenant la vapeur saturante de Cd, était muni de deux appendices d'une forme spéciale pour éviter la diffusion de la lumière sur les parois.

On a pu constater, que les bandes de Van der Lingen sont polarisées partiellement. Ces bandes, s'étendant de 2260 U. A. jusqu'à 3050 U. A., présentent dans le domaine 2450-3050 U. A. des fluctuations d'intensité bien connues.

Le plan de polarisation partielle est déterminé par la direction d'observation et par celle du faisceau excitateur. Le maximum de polarisation est obtenu lorsque le vecteur électrique de la lumière excitatrice est perpendiculaire à ce plan. Dans ce cas, le degré de polarisation P atteint la valeur de 11 pour 100, pour une excitation par l'étincelle de cadmium $P = (J' - J'')/(J' + J'')$, où J' est l'intensité de la composante maxima et J'' celle de la composante minima.

Dans le cas de l'excitation au moyen de la lumière non polarisée, P est égal à 5 $^1/_2$ pour 100.

Entre les limites de température de 560° C. à 800° C. (pressions de vapeur s'échelonnant de 40 à 100^{mm} de mercure), on n'a constaté aucun changement dans la valeur de P; la précision était de 1 pour 100 environ.

Ce résultat est intéressant vu que jusqu'à présent on n'a pas observé de polarisation dans les bandes de fluctuations. Dans le cas de la vapeur de Cd, cette polarisation semblait peu probable, car, dans l'émission, les chocs jouent certainement un rôle important. Du fait, que la lumière monochromatique excite des bandes [1], on peut déduire qu'une molécule excitée doit être soumise à plusieurs chocs. En prenant les valeurs des diamètres de molécules données par la théorie cinétique, on trouve qu'à 800° C. la durée

[1] Kapuściński, *C. R. des séances de Soc. Pol. Phys.*, 8, 1927, p. 5.

du libre parcours moyen est 3.10^{-10} sec; ce qui paraît sensiblement plus faible que la vie moyenne de la molécule excitée.

A l'inverse des faits observés pour les bandes résolubles, le nombre de chocs n'influence pas le degré de polarisation dans des limites assez larges. Toutefois, il n'est pas impossible que déjà pour une pression de 40^{mm} de mercure la dépolarisation due à ces chocs soit assez forte et qu'elle n'augmente que très lentement avec la pression.

Dans les bandes de la fluorescence visible, je n'ai pu constater aucune trace de polarisation.

Il faut constater, que les raies dites de réémission (par exemple les raies d'étincelles de Cd 2573 U.A. et 2749 U.A.) ne sont pas plus fortement polarisées que les bandes voisines. Ce fait montre que l'origine de leur émission est commune. Ceci paraît exclure la possibilité d'expliquer leur réémission par la diffusion de Rayleigh de la lumière dans la vapeur de Cd ([1]).

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau phénomène photo-électrique.* Note de M. Q. **Majorana**, transmise par M. A. Cotton.

Ce phénomène a été constaté en se servant de pellicules métalliques obtenues par divers procédés et fixées sur des lames de verre. Les métaux avec lesquels on a expérimenté sont Ag, Au, Pt, Sn, Al, Zn. L'épaisseur des pellicules, par suite du procédé employé dans leur fabrication, a varié d'un métal à l'autre, entre 20 et 100 μ environ. Pour Ag, Au, Pt, il a été possible d'expérimenter avec les épaisseurs les plus petites.

Ces pellicules ont une forme rectangulaire ($1^{cm} \times 5^{cm}$). Dans la pellicule est envoyé un courant sous une tension de 2 à 16 volts; ce courant traverse le primaire d'un transformateur de modulation dont le secondaire est connecté avec la grille et le filament de la première lampe d'un groupe amplificateur à quatre lampes (coeff. d'amplific. environ 100.000). L'intensité de ce courant est de l'ordre de 1 ampère,

On fait tomber sur la pellicule un faisceau intense de lumière provenant d'un arc à mercure (300 watts), ou d'une lampe à incandescence (500 watts); pour cela on se sert de lentilles en quartz ou en verre. Le rayon, avant de tomber sur la pellicule, est interrompu périodiquement par un disque tour-

([1]) Kapuściński, *ZS. f. Phys.*, 73, 1931, p. 132.

nant percé de trous ; la fréquence d'interruption est de 5 à 600 périodes par seconde.

Dans ces conditions, on entend au téléphone le son correspondant à la vitesse de rotation du disque, si la pellicule est en Ag, Au, Pt, Sn. Pour chaque métal, l'intensité varie suivant qu'on prend comme source l'arc au mercure ou la lampe à incandescence. Sauf pour Ag, l'intensité est plus grande avec cette dernière source. On peut indiquer en général que pour une source et un métal donnés, l'intensité du son est d'autant plus grande que la pellicule est plus mince. Naturellement pour des pellicules extrêmement minces obtenues par voie chimique ou cathodique, l'épaisseur de la pellicule doit dépasser une certaine limite (10 ou 15 μ) si l'on veut éviter des craquements au téléphone.

Pour Ag, si l'on se sert de la lampe à mercure et de lentilles en quartz, le son s'éteint presque complètement par l'interposition d'une lame de verre ordinaire; l'effet semble donc presque totalement dû à des radiations ultraviolettes de longueurs d'onde inférieures à 3000 Å. Si l'on emploie toujours avec Ag, la lampe à incandescence et des lentilles en verre, le son initial a encore une bonne intensité ; naturellement il ne s'affaiblit presque plus par l'interposition de la lame en verre.

Pour Au, l'intensité du son est beaucoup plus forte avec la lampe à incandescence qu'avec l'arc à mercure. Dans ce dernier cas, l'interposition de la lame en verre l'affaiblit un peu. Les métaux Pt, Sn se comportent comme l'or, toutefois les sons au téléphone sont un peu plus faibles.

Si l'on fait déposer sur les pellicules du noir de fumée, l'effet au téléphone augmente beaucoup. Pour une pellicule de Ag ainsi enfumée et avec l'arc à mercure, on provoque encore un remarquable affaiblissement du son par l'interposition de la lame en verre.

Dans tous les cas tout effet disparaît si l'on supprime la f. e. m. dans le circuit du primaire du transformateur modulateur.

Pour Al, Zn, on n'a constaté aucun effet.

Il résulte de ce qui précède que l'effet observé provient d'une variation de conductibilité du métal sous l'action de la lumière. Mais quel est le sens de cette variation, et correspond-elle à une action directe ou indirecte de la lumière ?

Pour répondre à la première question, on dispose, parallèlement à une résistance insérée dans le circuit du transformateur, la résistance d'un jet à mercure de $0^{mm},3$ de diamètre, qui va battre sur le bord taillé en sinusoïde d'une roue de cuivre solidaire du disque tournant et portant autant

de parties saillantes qu'il y a de trous dans le disque. Lorsque l'appareil tourne, la longueur totale du jet de mercure oscille entre 1 et 3^{mm}, à cela correspond une variation de résistance, dans le circuit du transformateur, de l'ordre du dix-millième de ohm. En outre, on peut régler la position angulaire du jet par rapport aux trous de la roue. On comprend que l'on puisse, avec ces différents réglages, obtenir une pulsation de résistance du circuit égale et opposée à celle provoquée par la lumière et constater par suite la disparition du son au téléphone.

Par l'examen stroboscopique du jet de mercure, on trouve que dans toutes les expériences *la lumière provoque une augmentation de résistance dans les métaux frappés par elle;* cette augmentation est, dans mes expériences, comprise entre 1/10 000 et 1/100 000 de la résistance de la pellicule métallique.

Pour répondre à la seconde question, on a cherché si cette augmentation est due à un effet calorifique de la lumière. La pellicule est fortement adhérente au verre, et par conséquent elle doit présenter une inertie calorifique remarquable; d'autre part, on ne peut guère s'expliquer de la sorte, la sensibilité de l'argent aux radiations ultraviolettes. Cependant j'ai répété les mêmes expériences, pour Ag et Pt, en plaçant les pellicules avec les lames de verre qui les supportent dans des tuyaux en quartz, dans lesquels on pouvait faire circuler de l'eau froide. Le phénomène se manifeste encore, peut-être un peu affaibli, dans le cas de Ag. Mais en tout cas, il n'y a pas de différence dans l'intensité sonore au téléphone que l'eau soit en mouvement ou non.

Il semble donc que l'effet ne soit pas lié (du moins nécessairement) à des variations de température des métaux expérimentés; il y a lieu, par conséquent, d'admettre une action directe de la lumière sur leur conductibilité électrique.

RAYONS X. — *Une nouvelle méthode d'analyse des poudres cristallines par les rayons X, utilisant un monochromateur à cristal courbe.* Note [1] de Mlle **Y. Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

L'analyse des structures des poudres cristallines par les rayons X, ainsi que l'étude de la diffraction des rayons X dans les liquides

[1] Séance du 11 juillet 1932.

(méthode de Debye-Sherrer et ses variantes), supposent l'emploi d'un rayonnement incident monochromatique. On s'est longtemps contenté d'une filtration du rayonnement global à travers un écran convenable, suivant la technique usuelle; mais, si l'on veut épurer les diagrammes, il faut avoir recours à une réflexion cristalline préalable. Or la méthode du cristal courbe utilisé par transmission ([1]) permet très simplement de concentrer sur une zone focale étroite un rayonnement X monochromatique

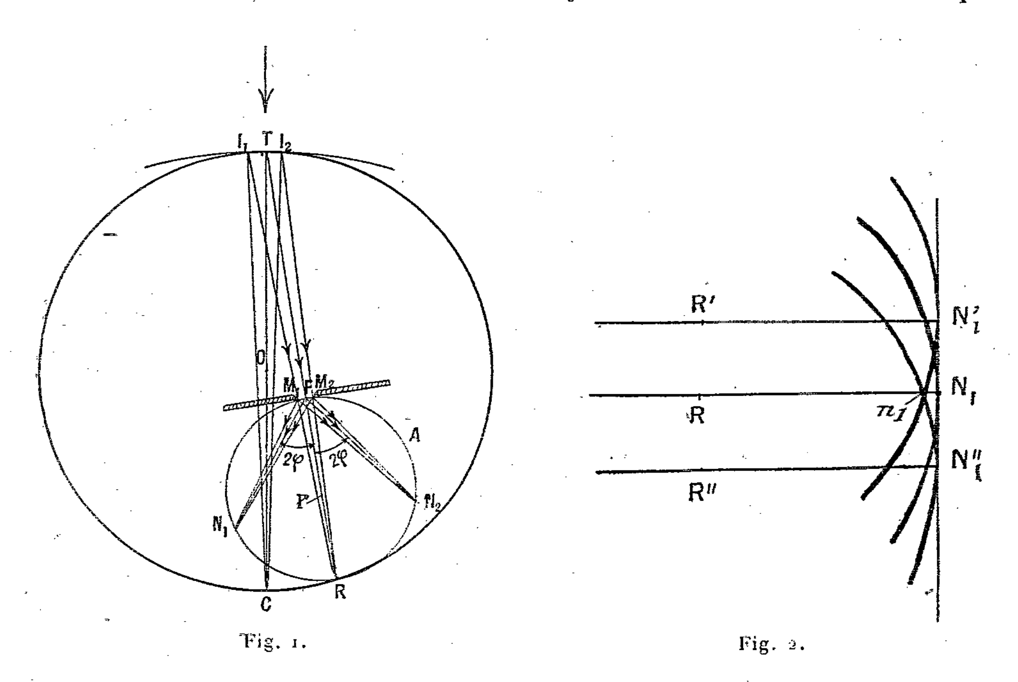


Fig. 1. Fig. 2.

intense; il peut être isolé par une fente (*fig.* 1) dont la largeur et la position déterminent le degré de son monochromatisme. Ce faisceau monochromatique convergent est utilisable, en particulier, avec un bon rendement, pour l'analyse des poudres suivant l'arrangement représenté figure 1. L'arc I_1TI_2 du cercle C représente la portion utile du cristal courbe; le cercle O de diamètre CT est le cercle de focalisation; le faisceau convergent TR, isolé par la fente F, traverse la préparation cristalline disposée sur l'arc M_1FM_2 du cercle Γ de diamètre FR. Les deux faisceaux réfléchis par les microcristaux pour un angle de Bragg déterminé possible φ, symétriques par rapport à la droite TFR, convergent aux points N_1 et N_2 tels

([1]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 362 et 1479.

que $\widehat{N_1FR} = \widehat{RFN_2} = 2\varphi$. Le film photographique est enroulé suivant le cylindre de section droite Γ.

Dans cet arrangement « symétrique » il est possible d'atteindre tous les angles φ compris entre o et 45° environ. La longueur de l'arc N_1N_2 donne φ d'après

$$\widehat{N_1N_2} = 8\varphi r$$

où r est le rayon du cercle Γ.

Après déroulement du film une figure d'interférence affecte, par suite de la hauteur de la fente F, normale au plan de figure, la forme connue représentée figure 2; elle tourne sa concavité vers la tache directe et tangente la génératrice $N'_1N''_1$ au point N_1. Les raies s'affinent et leur courbure diminue à mesure que φ augmente et tend vers 45°. Largeur et courbure ne gênent

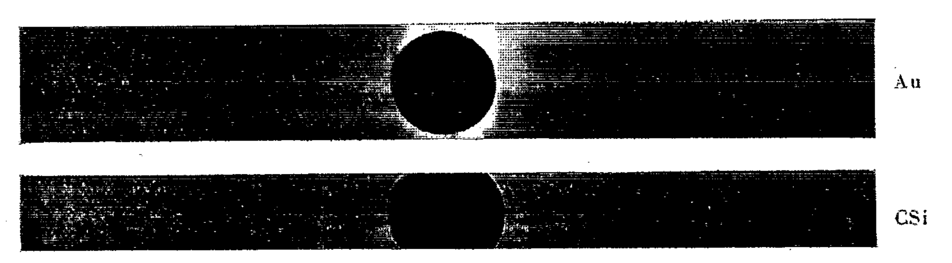


Fig. 3.

en rien la lecture des diagrammes puisqu'il suffit de pointer successivement les tangentes $N'_1N''_1$ et $N'_2N''_2$ pour obtenir $8\varphi r$.

L'épaisseur de la préparation entraîne également un élargissement des images; mais il suffit de remarquer qu'une épaisseur présente vers l'intérieur du cercle Γ produit un étalement à partir des génératrices vers la tache directe et n'intervient pas dans les pointages.

La raie spectrale formée en R n'est pas infiniment mince mais présente un bord net vers le centre C; il s'ensuit un étalement de N_1 vers R donc sans conséquence, mais de N_2 vers A dont il faudrait tenir compte pour des mesures très fines; d'ailleurs la largeur de la zone focale R reste toujours très faible. En outre, la correction correspondante serait éliminée si l'on pouvait pointer le bord net de la raie R, qu'un arrangement simple permettrait d'enregistrer pendant un temps court sur la région correspondante du film normalement protégée pendant la pose totale. Cette remarque prendrait une importance particulière dans le cas où l'on disposerait la chambre Γ

assymétriquement par rapport à TR afin d'atteindre des angles de Bragg supérieurs à 45°; φ serait donné par $N_1 R = 4\varphi r$.

Un monochromateur à cristal courbe est tout indiqué pour être associé aux chambres de Bohlin ([1]) qui utilisent la réflexion d'un faisceau divergent.

La méthode décrite présente, outre l'intérêt de la double focalisation du rayonnement incident et des faisceaux réfléchis, d'où un bon rendement et une grande netteté des images, l'avantage d'une excitation monochromatique. La mesure des diagrammes est simple et directe, et l'on n'a pas à recourir à l'emploi de repères auxiliaires sur le film, que nécessite la méthode de Bohlin.

La figure 3 reproduit deux clichés obtenus par cette méthode à l'aide du rayonnement $K\alpha$ du molybdène sur des cristaux d'or et de carborundum.

RAYONS X. — *Étude expérimentale de* l'absorption partielle *des rayons X.* Note ([2]) de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

On trouve dans la littérature une série de recherches provoquées par les expériences de B. B. Ray ([3]). Un faisceau de rayons X monochromatiques est analysé dans la direction même de sa propagation après passage à travers un absorbant.

L'auteur trouve, en plus de la fréquence initiale ν, d'autres fréquences ν', telles que $\nu' = \nu - \nu_e$, où ν_e est donnée par les niveaux K des éléments absorbants. Ce phénomène serait, d'après B. B. Ray, le correspondant de l'effet Raman pour l'atome, l'interaction ayant lieu entre le quantum incident et les électrons liés de l'atome; mais alors que pour l'effet Raman commun la diffusion se fait dans toutes les directions, dans l'effet Ray l'électron recevrait une partie de l'énergie et de l'impulsion du quantum incident, sans changement de direction, ce dernier continuant son chemin avec l'énergie initiale diminuée de celle nécessaire à l'excitation de l'atome. B. B. Ray suppose aussi que si une interaction de la lumière avec les électrons de valence ou avec le système électronique d'une molécule n'a pas

---

([1]) H. Bohlin, *Ann. de Phys.*, 4e série, 61, 1920, p. 421.

([2]) Séance du 11 juillet 1932.

([3]) B. B. Ray, *Nature*, 125, 1930, p. 746; 125, 1930, p. 856; 126, 1930, p. 399; *Zts. f. Phys.*, 66, 1930, p. 261.

encore pu être observée, c'est probablement parce que l'on n'a pas analysé le rayonnement dans la direction même de propagation du faisceau incident.

Il semble de première importance d'avoir une confirmation du phénomène, avant d'essayer de le comprendre et de le coordonner avec les autres phénomènes analogues : effet photo-électrique, diffusion ordinaire et diffusion Compton, effet Raman.

Un certain nombre d'expérimentateurs (1) ont essayé, sans succès, de répéter ces expériences : par contre, Majumdar R. C. (2), Bhargava S. (3), Bhargava S. et Mukerjee J. (4), les ont appuyées et en ont donné confirmation.

J'ai moi-même repris ces expériences.

La source de rayonnement était un tube à anticathode de molybdène fonctionnant sous 40 à 50 kV., et 10 à 20 mA.; les absorbants employés ont été le carbone sous forme de noir de fumée, l'aluminium en plaques, le bore en poudre. L'analyse spectrale a été faite par transmission du faisceau non canalisé à travers un mica courbé (rayon 20^{cm}) (5).

L'absorbant a toujours été placé devant la fente large (2^{cm}) qui délimitait le faisceau tombant sur le cristal, et à environ 20^{cm} de ce dernier.

L'épaisseur de l'absorbant était choisie en tenant compte des considérations suivantes : il s'agit d'obtenir à la sortie de l'absorbant, le maximum d'intensité pour le rayonnement modifié, s'il existe. Un calcul simple montre que l'épaisseur d la plus avantageuse, à donner à l'absorbant, s'exprime, en première approximation, par :

$$d = \frac{1}{\mu} - \frac{\Delta\mu}{2\mu^2}\,\text{cm},$$

où μ est le coefficient d'absorption du rayonnement primaire et $\Delta\mu$ la variation de ce coefficient lorsque l'on passe de la longueur d'onde excitatrice à la longueur d'onde modifiée que l'on s'attend à trouver. On peut calculer $\Delta\mu$

(1) I. M. Cork, *Nature*, **127**, 1931, p. 426; *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 153; G. A. Lindsay, *Nature*, **127**, 1931, p. 305; Van der Tuuk, *Naturwiss.*, **19**, 1931, p. 308; O. Berg et W. Ernst, *Naturwiss.*, **19**, 1931, p. 401; M. Bötzkes, *Zts. f. Phys.*, **71**, 1931, p. 151; A. J. Alichamow et L. A. Arzimovic, *Zts. f. Phys.*, **69**, 1931, p. 853.

(2) R. C. Majumdar, *Nature*, **126**, 1930, p. 398; **127**, 1931, p. 92.

(3) S. Bhargava, *Nature*, **126**, 1930, p. 398.

(4) S. Bhargava et J. B. Mukerjee, *Nature*, **127**, 1931, p. 273; **127**, 1931, p. 305.

(5) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 362 et 1479.

avec une précision suffisante à l'aide de la relation bien connue d'Owen. A partir de cette valeur d on peut augmenter l'épaisseur de l'absorbant dans l'espoir d'affaiblir, par absorption, le fond continu, qui pourrait diminuer fâcheusement les contrastes des raies faibles; on est limité par des questions pratiques de temps de pose.

J'ai, en outre, appliqué au tube un potentiel assez élevé (40 à 50 kV, tension constante) pour augmenter le rapport des intensités de la raie caractéristique excitatrice et du fond continu de son voisinage, afin de faciliter la parution, sur les clichés, d'éventuelles raies modifiées.

Le spectrographe était complètement enfermé dans une boîte en plomb.

J'enregistrais, sur des régions différentes d'une même plaque, un spectre du rayonnement direct sans absorbant (pose longue), et deux spectres du rayonnement ayant traversé l'absorbant, pour une pose longue et une pose très courte.

De cette manière, je pouvais me rendre compte de l'intensité du rayonnement le plus faible, décelable dans les temps de pose employés, et comparer facilement les aspects du spectre avec et sans absorbant. Les temps de pose ont varié de 2 à 4 heures; des expositions plus prolongées, vu la luminosité du dispositif spectroscopique employé, n'auraient fait que noircir la plaque outre mesure, rendant ainsi plus difficile la lecture d'un rayonnement faible.

Des raies ayant une intensité 3500 à 4000 fois moindre que celle du faisceau monochromatique excitateur ayant traversé l'absorbant, auraient certainement pu être enregistrées sur mes clichés.

J'ai augmenté successivement l'épaisseur de chaque absorbant depuis la valeur optima d, jusqu'à $2d$ et même plus. J'ai aussi varié les temps d'exposition dans l'espoir de trouver la meilleure condition d'observation du rayonnement modifié.

Aucun de mes clichés n'a montré de raies du type de celles annoncées par Ray ou Majumdar.

Donc, dans les conditions expérimentales décrites plus haut, c'est-à-dire pour la raie $K\alpha$ du molybdène et pour le carbone, le bore et l'aluminium, comme absorbants, on ne trouve aucune indication d'un rayonnement correspondant à l'absorption partielle de B. B. Ray, au moins dans les limites de sensibilité de la méthode décrite ici.

Il resterait à essayer une excitation rigoureusement monochromatique puissante pour se mettre entièrement à l'abri du fond continu.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Émission de neutrons lents dans la radioactivité provoquée du glucinium.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Le rayonnement du glucinium bombardé par les rayons α du polonium ou du radon (1) a été analysé dans un appareil à détente automatique contenant de l'hydrogène saturé de vapeur d'eau. Dans ce gaz les neutrons provoquent, par leurs chocs contre les noyaux d'hydrogène, la formation de rayons H dont la trajectoire peut être photographiée (2). Dans le présent travail j'ai fait une statistique des parcours et des directions des protons observés, de laquelle on peut tirer des conclusions approximatives sur la vitesse des neutrons qui les projettent.

2. Le résultat le plus apparent est la présence d'une grande proportion de trajectoires courtes, allant de 1^{mm} à quelques centimètres, qui ont pu être identifiées comme étant dues à des protons par la courbure dans un champ magnétique intense (3). Si l'on utilise les tables publiées par Blackett et Lees (4) on voit que ces parcours correspondent à des énergies cinétiques de 30 à 500 kilovolts-électrons. Comme ces protons sont souvent projetés dans des directions faisant de petits angles ($< 30°$) avec la direction des neutrons, on peut admettre que ceux-ci ne possèdent pas des énergies cinétiques très supérieures. On serait donc en présence d'un groupe de neutrons lents, émis en proportion importante par le glucinium bombardé.

Il n'y a d'ailleurs guère de trajectoires intermédiaires entre les trajectoires courtes ($< 20^{mm}$) et celles qui correspondent aux rayons H de plusieurs dizaines de centimètres de parcours dans l'air, et dont les débuts se reconnaissent à la densité d'ionisation et à la présence de rayons δ.

3. Un second résultat est l'importance de la diffusion des neutrons par la matière qu'ils traversent. Deux séries d'expériences ont été faites, l'une dans laquelle la source et l'appareil à détentes étaient entourés presque entièrement d'une masse de cuivre pesant 100^{kg}, l'autre dans laquelle il n'y

(1) Sources préparées par M. et Mme Joliot.

(2) I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 876; Pierre Auger, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 877.

(3) J'ai déjà signalé ces trajectoires dans ma Note citée plus haut.

(4) Blackett et Lees, *Proc. Roy. Soc. London*, 134, 1932, p. 665.

avait dans le voisinage de la source que des parois de laiton de quelques millimètres d'épaisseur. Dans le premier cas on observe toujours beaucoup plus de trajectoires de protons que dans le second, avec les mêmes sources, malgré l'interposition entre la source et la chambre de plusieurs centimètres de métal, absents dans le second cas. Cela indique une très forte diffusion des neutrons par choc sur les atomes relativement lourds du cuivre, diffusion qui ne fait perdre aux neutrons que de faibles portions de leur énergie, mais les envoie dans toutes les directions, ce qui produit un effet de concentration dans la cavité de la masse diffusante que représente la chambre à détentes. Il est probable que c'est cette diffusion qui joue le rôle essentiel dans les effets d'absorption que déterminent les *écrans* interposés entre les sources et les appareils de mesure, et ceci surtout pour les neutrons lents (1). La véritable absorption des neutrons exigerait la perte de presque toute leur énergie dans un choc, ou leur disparition par captation, qui représentent sans doute des phénomènes assez rares.

4. Les résultats peuvent se résumer ainsi :

Première série, avec diffuseur : 100 trajectoires de parcours $< 20^{mm}$ d'hydrogène; 73 trajectoires de parcours $> 20^{mm}$ d'hydrogène.

Densité maximum des trajectoires vers 4^{mm} de parcours.

Deuxième série, sans diffuseur : 16 trajectoires de parcours $> 20^{mm}$ d'hydrogène; 15 trajectoires de parcours $> 20^{mm}$ d'hydrogène.

Densité maximum des trajectoires vers 10^{mm} de parcours.

Compte tenu des nombres de photographies prises dans les deux séries, l'augmentation du nombre des rayons, due à la diffusion, est de deux à trois fois.

Ces résultats, qui ne prétendent donner que des ordres de grandeur, montrent que plus de la moitié des protons projetés possèdent une énergie inférieure à 300 kilovolts-électrons, et que beaucoup d'entre eux en ont une inférieure à 100 kVe. On peut faire en dehors de l'hypothèse vraisemblable des neutrons lents, la supposition qu'il existe un mode de transfert d'énergie des neutrons rapides aux protons, leur permettant de les projeter avec de faibles vitesses dans des directions pouvant être voisines de la leur. Cependant la première hypothèse pourrait être mise en relation avec l'existence d'une émission de rayons γ pénétrant par les mêmes sources. L'énergie rendue disponible par la transmutation du glucinium en carbone pourrait

(1) Des observations dans ce sens ont été faites par M. et Mme Joliot, ainsi que par MM. de Broglie et Leprince-Ringuet.

se porter sur le neutron, ou bien se partager entre le neutron et un photon γ. (Ou plutôt une excitation du noyau du carbone se résolvant par l'émission d'un photon γ.)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La constitution des noyaux atomiques et leur spin.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

Si les noyaux atomiques sont constitués par des particules complexes relativement indépendantes groupant les particules élémentaires protons et électrons, leurs *spins* (moments cinétiques et moments magnétiques associés) doivent résulter de la composition des spins des particules constituantes et éventuellement des moments dus aux mouvements de ces particules.

On peut rendre compte [1] des rayonnements émis lors des radioactivités provoquées des atomes légers, en admettant que dans leurs noyaux les protons π et électrons β sont unis pour former le plus grand nombre possible d'hélions α (constitution $\pi_4\beta_2$) puis de neutrons $\omega(\pi\beta)$. Dans ces noyaux il ne reste alors aucun électron nucléaire libre, mais parfois un proton, lié sans doute à un neutron pour former un demi-hélion $\eta(\pi_2\beta)$. Ces demi-hélions, assez fragiles seraient en général détruits lors des radioactivités provoquées (émission d'un proton seul) mais pourraient cependant dans certains cas être émis en bloc [2].

A partir des atomes Cl^{37} et K^{41} la formation du nombre maximum d'hélions possibles laisserait dans les noyaux un, puis plusieurs électrons libres. Or les électrons nucléaires sont, semble-t-il toujours dénués de spin et de moment magnétique (même dans les éléments lourds comme le cadmium). Il est par suite raisonnable d'admettre, comme l'ont proposé Hackh [3], G. Fournier [4], L. Wertenstein [5], D. Iwanenko, qu'il n'y a jamais d'électrons libres dans les noyaux, un nombre suffisant d'hélions possibles étant remplacés par quatre neutrons ou par deux neutrons et un demi-hélion.

Le noyau d'un atome de nombre atomique Z et de nombre massique A serait ainsi constitué par n hélions, $(Z - 2n)$ demi-hélions et $(A - 2Z)$ neu-

(1) F. Perrin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1343.
(2) F. Perrin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2211.
(3) Hackh, *Jour. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 823.
(4) G. Fournier, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1482.
(5) L. Wertenstein, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2305.

trons. Hackh supposait que le nombre n d'hélions est égal à la partie entière de $Z/2$, et que par suite il n'y a dans tout noyau que zéro ou un demi-hélion. Mais d'une part l'émission de particules ionisantes par tous les éléments du néon au potassium sous l'action des rayons α, et d'autre part les valeurs élevées de quelques spins nucléaires, suggèrent l'existence, dans certains noyaux, de plusieurs demi-hélions.

Quel que soit leur nombre les hélions ne peuvent contribuer au spin du noyau; on sait en effet que leur spin est nul, et qu'ils suivent la statistique de Bose, ce qui leur permet d'être tous dans l'état d'énergie minimum sans circulation. Au contraire, un électron lié n'ayant plus de spin, il est probable que les neutrons ont comme les protons un spin 1/2 et qu'ils suivent comme eux la statistique de Fermi. Ils constituent donc sans doute des groupes analogues aux couches K, L, ... des électrons planétaires, avec en général compensation par paire des spins et des moments de circulation; s'ils sont en nombre impair il restera au moins, non compensé, un spin 1/2, et un moment de circulation pouvant avoir les valeurs 0, 1, 2, ...

Enfin les demi-hélions doivent avoir les mêmes caractères de spin que les noyaux des atomes $N^{14}(\alpha_3\eta)$, c'est-à-dire avoir un spin égal à 1 et suivre la statistique de Bose. Tous les demi-hélions présents dans un noyau pourront donc être dans l'état énergétique minimum sans circulation, et ils ne contribueront que par leurs spins au spin du noyau. De plus, une fonction d'onde totale symétrique pour deux demi-hélions ayant la même fonction d'onde spatiale exige que la fonction d'onde de spin soit symétrique, ce qui peut correspondre soit aux spins parallèles (↑↑ ou ↓↓), soit aux spins antiparallèles (↑↓ + ↓↑), mais ce dernier mode de couplage correspond sans doute à la formation d'un hélion, si bien que l'on doit admettre que deux demi-hélions libres dans un noyau ajoutent leurs spins.

Ces règles semblent compatibles avec toutes les valeurs de spin nucléaire connue avec certitude.

Il faut remarquer que les seuls moments de circulation ainsi prévus dans les noyaux sont dus aux neutrons et qu'ils ne doivent par suite être associés à aucun moment magnétique. Ceci rend possible de façon simple des valeurs anormales pour les facteurs de Landé nucléaires. En particulier, la valeur négative de ce facteur pour les isotopes impaires du cadmium de spin 1/2 s'explique si ce spin résulte d'un moment de circulation d'un neutron égal à 1, duquel se retranche son spin 1/2 seul porteur de moment magnétique (les isotopes paires du Cd ayant un spin 0, il ne doit pas y avoir de demi-hélions dans ces divers noyaux).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le système bromure mercurique, bromure de potassium et eau.* Note [1] de Mlle **M. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

Le diagramme 1 résume les résultats que j'ai obtenus en recherchant, par la méthode des solubilités, à température constante, les bromomercurates de potassium qui cristallisent en solution aqueuse dans l'intervalle de température 0°-80°. J'ai employé les mêmes techniques et les mêmes méthodes analytiques que dans le cas des iodomercurates de potassium [2] et j'ai expérimenté à 80°, 34° et 0°.

A chaque température, la portion d'isotherme relative aux sels doubles ne présente qu'une branche : un seul bromomercurate cristallise donc en solution aqueuse à la température considérée. Sa composition, déterminée par la méthode des restes de Schreinemakers, est convenablement exprimée par la formule Br^2Hg, BrK, H^2O. Ce sel a d'ailleurs été retrouvé aux trois températures et, de l'étude précédente, on peut conclure qu'un seul bromomercurate de potassium cristallise en solution aqueuse entre 0° et 80° : c'est l'hydrate Br^2Hg, BrK, H^2O [3].

J'ai isolé ce sel par évaporation partielle des solutions mères à la température du laboratoire : les cristaux, en longues aiguilles incolores, sont assez gros pour être essorés convenablement sur du papier Joseph : ils conservent, en effet, après essorage, un poids constant. Je les ai analysés : les résultats obtenus par l'analyse directe confirment ceux trouvés par la méthode des restes, comme l'indique le tableau suivant, dans lequel les compositions sont exprimées en grammes pour 100 grammes de cristaux.

N°.	Br^2Hg.	BrK.	H^2O.
Composition centésimale calculée d'après la formule Br^2Hg, BrK, H^2O.			
	72,4	23,9	3,8
Composition centésimale trouvée par l'analyse.			
1	72,2	24,0	3,8
2	72,3	24,0	3,7
3	72,2	24,0	3,8

(1) Séance du 11 juillet 1932.

(2) Mlle M. Pernot, *Annales de Chimie*, 10e série, 15, janvier 1931, p. 1.

(3) De nombreuses mesures ont été faites à 0°, 34° et 80° pour déterminer la composition de ce sel; le diagramme (2) indique les déterminations faites à 34°.

Cet hydrate Br^2Hg, BrK, H^2O, est celui qu'a préparé Bonsdorff (¹). Je n'ai retrouvé ni le sel anhydre B^2Hg, BrK mentionné par Löwig (²), ni

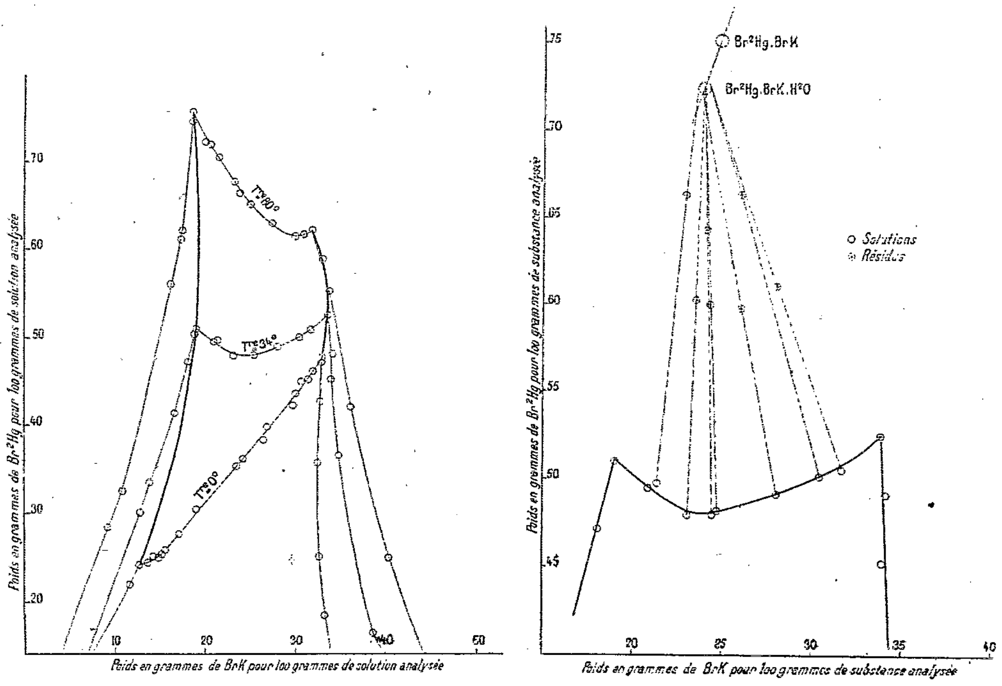


Fig. 1. — Système Br^2Hg, BrK, H^2O. Projection de la surface de solubilité sur le plan des concentrations.

Fig. 2. — Système Br^2Hg, BrK, H^2O. Température : 34°.

le sel Br^2Hg, 2BrK que Bonsdorff (³) a signalé, sans d'ailleurs affirmer que la substance correspondant à cette composition soit bien une espèce cristallisée définie (⁴).

Il est probable que dans ce dernier cas (comme dans le cas de l'iodomer-

(¹) BONSDORFF, *Poggendorffs Annalen*, **19**, 1830, p. 340.

(²) LÖWIG, *Gmelin-Kraut's Handbuch*, **3**, p. 855.

(³) BONSDORFF, *loc. cit.*

(⁴) Le complexe Br^2Hg, 2BrK existe à l'état dissous. Il a été signalé :

a. Dans les solutions aqueuses, HERZ et PAUL, *Zestschrift für anorganische chemie*, **82**, 1913, p. 431 ; VAN NAME and BROWN, *American Journal of Science*, **44**, 1917, p. 105 ; P. JOB, *Annales de Chimie*, **9**, 1928, 10ᵉ série, p. 140.

b. Dans les solutions acétoniques, TOURNEUX et Mˡˡᵉ PERNOT, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 740.

curate I^2Hg, 2 IK), il s'agit d'un mélange d'hydrate Br^2Hg, BrK, H^2O et de bromure de potassium.

Il est intéressant d'observer que les deux systèmes Br^2Hg — BrK — H^2O et I^2Hg — IK — H^2O, se comportent sensiblement de la même manière dans l'intervalle de température 0° - 80°.

a. dans l'un et l'autre cas, il ne se forme qu'une seule combinaison cristallisée ;

b. la formule du bromomercurate Br^2Hg, BrK, H^2O, est du même type que celle de l'iodomercurate I^2Hg, IK, H^2O ;

c. l'aspect des cristaux est le même, si ce n'est que l'iodomercurate est jaune tandis que le bromomercurate est incolore ;

d. la forme des courbes de solubilité est sensiblement la même dans les deux cas.

Par contre, le système Cl^2Hg — ClK — H^2O étudié par M. Tourneux [1] se comporte différemment : les portions d'isotherme relatives aux sels doubles présentent plusieurs branches indiquant que plusieurs chloromercurates de potassium cristallisent en solution aqueuse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'abaissement du point d'eutexie : glace-nitrate de potassium par des acides, des bases et des sels acides.* Note de M. **Henri Muller**, présentée par M. G. Urbain.

Les expériences faites en ajoutant à l'eutectique : glace-nitrate de potassium des composés organiques ou des sels minéraux neutres ont montré [2] que les abaissements moléculaires à l'origine, K_0, sont voisins de 16,5 pour les non-électrolytes et pour les sels ayant un ion commun avec le nitrate de potassium. Nous dirons que ces substances ont un abaissement moléculaire simple (K_0 voisin de 16,5). Les abaissements moléculaires des autres sels neutres sont doubles, triples, quadruples ou quintuples suivant que leur molécule renferme 2, 3, 4 ou 5 ions.

Nous avons poursuivi le travail par l'étude d'acides, de bases et de sels acides. Les abaissements mesurés étaient généralement compris entre 0°,2 et 2°,5.

Acides. — L'acide acétique et l'acide borique, acides faibles, ont un

(1) Tourneux, *Annales de Chimie et de Physique*, 11, 1919, p. 225-361.

(2) E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1735.

abaissement moléculaire simple. L'acide nitrique ayant un ion commun avec le nitrate de potassium donne également un abaissement moléculaire simple. L'acide chlorhydrique et l'acide iodique ont, au contraire, un abaissement moléculaire double.

Bases. — L'abaissement moléculaire est simple pour l'ammoniaque, la méthylamine (bases faibles) et pour la potasse (ion commun); il est double pour la soude (2 ions) et triple pour la baryte (3 ions).

Sels acides. — L'abaissement moléculaire est simple pour le phosphate monopotassique et l'arséniate monopotassique (ion commun); il est double pour le carbonate acide de sodium, le phosphate monosodique et l'arséniate monosodique, il est triple pour le phosphate disodique, l'arséniate disodique et le pyrophosphate disodique; il est quadruple pour le pyrophosphate trisodique. Pour ces sels acides, tout se passe donc comme si l'hydrogène restait lié à l'ion complexe :

	K_0.		K_0.
CH^3COOH......	$16,6 = 1 \times 16,6$	PO^4H^2K........	$16,8 = 1 \times 16,8$
BO^3H^3.........	$16,9 = 1 \times 16,9$	AsO^4H^2K.......	$16,7 = 1 \times 16,7$
NO^3H..........	$17,2 = 1 \times 17,2$	CO^3HNa........	$33,3 = 2 \times 16,7$
ClH............	$33,7 = 2 \times 16,8$	PO^4H^2Na.......	$33,0 = 2 \times 16,5$
IO^3H...........	$33,0 = 2 \times 16,5$	AsO^4H^2Na......	$33,4 = 2 \times 16,7$
$HONH^4$.........	$16,5 = 1 \times 16,5$	PO^4HNa^2.......	$51,6 = 3 \times 17,2$
CH^3NH^2........	$17,3 = 1 \times 17,3$	AsO^4HNa^2......	$50,5 = 3 \times 16,8$
HOK...........	$16,9 = 1 \times 16,9$	$P^2O^7H^2Na^2$......	$50,4 = 3 \times 16,8$
$HONa$..........	$32,9 = 2 \times 16,5$	$P^2O^7HNa^3$......	$65,6 = 4 \times 16,4$
$(HO)^2Ba$........	$50,4 = 3 \times 16,8$		

Anomalies. — Pour tous les corps précédemment étudiés, les courbes abaissements (Δ), abaissements moléculaires (K) sont très tendues et elles se confondent généralement avec des droites.

Dans le cas de l'acide sulfurique, la courbe présente une partie sensiblement rectiligne de $\Delta = 3^\circ,9$ ($K = 41,0$) à $\Delta = 2^\circ,1$ ($K = 39,4$), puis, se rapprochant de l'axe des abaissements moléculaires, elle se relève rapidement et tend vers $K_0 = 3 \times 16,5$. La courbe du sulfate acide de potassium et celle du sulfate acide de sodium présentent, vers l'axe des K, une courbure analogue à celle de l'acide sulfurique; ce fait s'explique par la présence d'acide libre dans les solutions; les abaissements moléculaires à l'origine, $2 \times 16,8$ pour le sel de potassium, $3 \times 16,3$ pour le sel de sodium, sont ceux qui correspondent à une dissociation complète en acide et en sulfate neutre.

La courbe de l'acide phosphorique est voisine de celles des non-électrolytes pour des abaissements compris entre 1° et 4°,5; pour des abaissements plus faibles, elle se relève trop rapidement pour qu'il soit possible de déterminer l'abaissement moléculaire à l'origine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur la structure des films de nitrocellulose à fort taux d'azote.* Note de MM. **Desmaroux** et **Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Après avoir montré (1) l'influence de la concentration des solutions acétoniques de coton nitré sur la structure des films obtenus par évaporation sur lame de verre de ces solutions, nous étudierons dans cette Note l'influence d'un chauffage en autoclave du coton nitré avant sa dissolution.

Pour cela, nous pouvons comparer la structure du film préparé avec le coton-poudre qui n'a pas subi de traitement à celle des films obtenus au contraire, avec ce même coton-poudre chauffé sous pression dans l'eau distillée à 130° pendant 12 heures. Les premiers films seront désignés par les lettres FC, les autres par les lettres FCA.

Pour une même concentration de la solution mère, *un film* FC *a toujours une cristallinité bien meilleure que celle d'un film* FCA.

Le moindre degré de cristallinité se marque, non plus comme dans le cas de la dilution par une diminution de netteté, du bord du halo central, mais par l'adoucissement des deux anneaux de grands diamètres, qui se fondent en un halo large analogue à celui que l'on observe sur les films préparés avec des cotons-poudres à faible taux d'azote. Les deux cercles qui ont formé le halo restent néanmoins toujours perceptibles même si l'on est parti de solutions très diluées ($0^{g},5$ de nitrocellulose dans 100^{cm^3} d'acétone).

Nous avons déjà signalé que le taux d'azote des nitrocelluloses à l'état fibreux affecte la définition des interférences qui donnent les cercles de grands diamètres. Mais le phénomène semble différer de celui que l'on observe avec les cotons passés en autoclave car les anneaux ne sont pas affectés de la même manière, dans les deux cas (les deux anneaux ne restent perceptibles que sur les cotons passés en autoclave).

Il semble probable que dans le cas de films FCA les différences observées par rapport aux films FC sont dues à ce que les éléments diffractant dont

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2053.

la direction est celle de l'axe de fibre sont de longueur beaucoup moindre après passage du coton-poudre en autoclave, en sorte que l'action de l'autoclave serait de couper les files élémentaires de résidus de glucose.

Ce mécanisme expliquerait fort bien la chute énorme de viscosité des solutions préparées avec les cotons passés en autoclave sans qu'il soit besoin d'autres hypothèses, comme celle de l'existence dans la nitrocellulose d'une substance de dégradation autre que la nitrocellulose.

D'ailleurs les caractéristiques *du diagramme du coton-poudre* (à condition que ce coton nitré n'ait pas été dissous) *ne changent pas quelle que soit la durée du passage en autoclave*. En particulier on ne trouve aucun indice de la présence d'un nouveau corps de nature cristalline. L'abaissement du taux d'azote provoqué par le passage en autoclave est trop faible pour qu'il puisse changer sensiblement le diagramme.

On a observé les mêmes phénomènes sur la poudre. Si l'on chauffe en effet à 110° une poudre mince à la nitrocellulose pure (provoquant ainsi une action analogue à celle d'un passage en autoclave), on constate que le diagramme de la poudre (orienté par l'étirage) *n'est pas modifié par le chauffage.* Mais si l'on disperse la nitrocellulose par dissolution dans l'acétone, puis évaporation sur lame de verre, on observe au contraire que le diagramme du film obtenu par dissolution de poudre non chauffée est plus net que le diagramme obtenu avec la poudre chauffée.

Ces deux phénomènes (sur le coton-poudre en fibre, et sur la poudre) s'expliquent par les mêmes causes. Les éléments diffractants le long de l'axe de fibre sont bien coupés par le chauffage, mais demeurent en place de sorte que les régularités ne sont pas altérées. Il faut la dispersion des files élémentaires de résidus de glucose par le passage en solution pour s'apercevoir par les diagrammes de Röntgen de l'effet du chauffage.

Ce mécanisme explique aussi le fait bien connu que les films préparés avec les cotons nitrés passés en autoclave sont beaucoup plus fragiles que les films préparés avec des cotons-poudres normaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir rotatoire de la quinine en solution alcoolique*. Note (¹) de M. **Charles Lapp**, présentée par M. Delépine.

Le pouvoir rotatoire spécifique [α] de la quinine en solution alcoolique varie avec la concentration. Nous avons effectué des mesures en partant de

(¹) Séance du 11 juillet 1932.

la quinine base, pure, en solution dans l'alcool absolu à 10 pour 100. Par des dilutions successives, la concentration est descendue à 0,3 pour 100 après 6 dilutions. Le pouvoir rotatoire spécifique a été mesuré pour les radiations $\lambda = 578$, 546 et $436^{m\mu}$ du mercure au moyen du grand polarimètre de Jobin et Yvon muni d'un monochromateur.

Pour la concentration la plus élevée, la solution présente la mutarotation : le maximum du pouvoir rotatoire n'est atteint qu'au bout d'une heure. Le Tableau I donne les valeurs de $[\alpha]$ en fonction de la longueur d'onde et de la concentration c :

Tableau I.

	c %.	10,1.	5,05.	2,52.	1,26.	0,63.	0,315.	
λ	578.....	−163	−165,3	−167,5	−172,6	−179	−181	[α]
λ	546.....	−190	−193	−196,3	−203,5	−214	−216	[α]
λ	436.....	−387	−391,5	−396,3	−406,6	−422	−425,5	[α]

$[\alpha]_{546}$ varie de $-190°$ dans les solutions concentrées à $-220°$ dans les solutions étendues. Le tracé des diagrammes de Darmois pour les valeurs de $[\alpha]$ prises deux à deux, montre qu'on obtient toujours un faisceau de droites concourantes en un point. Ceci démontre l'existence de *deux composants* actifs dans la solution, dont les proportions relatives varient avec la dilution. Les solutions concentrées renferment surtout le corps à faible pouvoir rotatoire; les solutions étendues renferment un constituant à pouvoir rotatoire élevé.

Nous interprétons ce fait par la solvatation des molécules de quinine qui captent des molécules d'alcool et subissent une déformation qui se traduit par une variation du pouvoir rotatoire; car la quinine ne donne avec l'alcool aucune combinaison définie, même par évaporation de la solution; cependant, dans ce cas, tout l'alcool est assez difficile à éliminer. Nous avons tenté d'évaluer la solvatation par des mesures de viscosité. Si V est le volume moléculaire d'une molécule de quinine solvatée, v celui de la quinine solide et ω celui du solvant, le nombre de molécules fixées est $C = (V - v)/\omega$. Effectuons un calcul approché au moyen de la relation d'Einstein :

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\,\varphi).$$

On obtient pour C les valeurs suivantes :

Tableau II.

C (%)...........	10,1.	5,05.	2,52.	1,26.	0,631.	0,31.	0.
C.............	3,1	5,9	9,8	21	29	35	40 (extrapolé)

avec la limite $C_0 = 40$ pour les solutions très étendues; en outre, le pouvoir rotatoire spécifique varie linéairement en fonction du nombre de molécules associées. On voit aussi qu'aux faibles concentrations, le logarithme du nombre de molécules associées varie linéairement avec la concentration :

$$\operatorname{Log} \frac{C}{C_0} = -Kc \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{C}{C_0}, \quad \frac{d\tau}{\tau} = -K\,dc.$$

Comme le tracé de Darmois démontre l'existence de deux composants seulement dans la solution, nous concluons que les molécules de quinine dissoutes sont réparties en deux groupes, les unes sont complètement enrobées de 40 molécules d'alcool, les autres sont libres. Aux faibles concentrations, toutes les molécules sont enrobées. La loi de dilution est la suivante : *l'augmentation relative du taux des particules est proportionnelle à la diminution de la concentration.*

Remarquons que la forme de cette loi est indépendante de l'expression d'Einstein. En admettant cette expression, les 40 molécules d'alcool associées forment une couche monomoléculaire sur les molécules de quinine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel isomère du benzène, l'hexadiène-1.5-yne-3.* Note de MM. **Lespieau** et **Guillemonat**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons fait agir l'éther 1.2 dibromé sur le dérivé dimagnésien de l'acétylène pris en grand excès, ce qui, d'après les études de l'un de nous, devait donner à la fois le produit de l'attaque d'une des fonctions magnésiennes et celui de l'attaque des deux.

En effet, après les manipulations d'usage, nous avons été amenés, lors des distillations finales, à séparer deux fractions :

1° Le corps $CH \equiv C - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - CH^2Br$, bouillant à 47°-48° sous 14^{mm},

contenant 44,75 pour 100 de brome, et dont le poids moléculaire cryoscopique est 182. Ce composé précipite les réactifs des acétyléniques vrais, il fixe le brome sans donner de corps cristallisé.

2° Un mélange de deux isomères stériques

$$CH^2Br - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - C \equiv C - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - CH^2Br$$

qui bout entre 158° et 162° sous 14^{mm}. L'analyse de la portion de tête indiquait 49,13 pour 100 de brome et la cryoscopie un poids moléculaire égal à 324. Les densités et les indices D à 18° étaient pour la tête 1,4828 et 1,5038 et pour la queue 1,4834 et 1,504, d'où les réfractions moléculaires 65,47 et 65,44, la théorie voulant 65,19.

Ce qui permet d'affirmer ici la présence de deux isomères (dont l'existence tient à la présence de deux atomes de carbone asymétriques), c'est le fait que la même réaction effectuée avec l'éther dichloré a donné deux isomères que l'on a pu isoler parce qu'ils fournissent, en fixant deux atomes de brome, deux espèces de cristaux faciles à séparer, lesquels débromés séparément donnent chacun l'un des deux isomères [1].

Or ici la fixation de deux atomes de brome donne aussi deux espèces de cristaux, les uns très peu solubles dans l'alcool froid, fondent à 113°-114°, les autres assez solubles dans ce solvant, fondent à 70°-70°,5. Ils renferment respectivement 65,10 et 65,29 pour 100 de brome, et répondent donc bien tous deux à la formule $C^{10}H^{16}O^2Br^2$.

En possession des composés acétyléniques 1° et 2°, nous avons fait agir sur eux la poudre de zinc au sein de l'alcool butylique porté à environ 110° (au sein de l'alcool ordinaire il n'y a aucune action à l'ébullition). Il se produit alors un enlèvement du brome et simultanément un enlèvement des groupes OC^2H^5, mais avec une assez grande lenteur. On a ainsi :

1° Avec le composé acétylénique vrai un carbure ou un mélange de carbures bouillant aux environs de 0°, acétylénique vrai, susceptible de se polymériser peu à peu, et que nous croyons être le vinylacétylène dont il n'avait été fait jusqu'ici [2] que $1^g,4$. Nous en avons eu environ 12^{cm^3}, mais insuffisamment purs; la température actuelle ne se prêtant pas au maniement de ce corps nous avons remis son étude à plus tard; signalons que le précipité qu'il donne avec le nitrate d'argent alcoolique est violemment explosif, et qu'il détone quand il est sec si on lui ajoute quelques gouttes soit d'acide azotique soit d'ammoniaque.

2° Avec le mélange des deux bromures stéréoisomères, on a eu un isomère du benzène, le corps $CH^2 = CH - C \equiv C - CH = CH^2$ liquide bouillant à 84°,5-85°, cristallisant quand on plonge le récipient qui le renferme dans l'air liquide. Il a, à 20°, densité 0,7723 et indice D 1,498, ce qui implique une réfraction moléculaire 29,65; la théorie ne voulant que 26,97; il y a donc ici une forte exaltation.

---

(1) LESPIEAU, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 206.
(2) WILLSTAETTER et WIRTH, *Ber. d. ch. Ges.*, 46, 1913, p. 538.

A vrai dire, ce carbure ne s'obtient pas pur de premier jet; ce qu'on recueille à la distillation bout à 69°-70°, mais c'est un mélange azéotropique de carbure, d'alcool butylique et peut-être d'un peu d'eau. On l'additionne de chlorure de calcium, ce qui provoque l'apparition de deux couches que l'on sépare et redistille à part. Abannonné à lui-même, ce carbure se gélatinise lentement.

Il fixe facilement six atomes de brome, et pas plus, en donnant des cristaux $CH^2Br - CHBr - CBr = CBr - CHBr - CH^2Br$ solubles dans l'alcool bouillant et se déposant par refroidissement. Ceux-ci fondent à 105°-106° et renferment 85,98 pour 100 de brome. Dans l'alcool précédent, il reste une faible quantité d'autres cristaux fondant vers 84°, mais on n'en a pas eu assez pour bien les purifier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Absorption dans l'ultraviolet des carbures bis-mésityléniques :* $(CH^3)^3C^6H^2(CH^2)^nC^6H^2(CH^3)^3$. Note [1] de M. **Jacques Sordes**, présentée par M. Delépine.

L'expérience a montré que, dans une série telle que $C^6H^5(CH^2)^n.A$ (A étant chromophore dans l'ultraviolet moyen), lorsque n est nul, C^6H^5 et A exercent une influence mutuelle importante au point que parfois, dans le spectre de la molécule $C^6H^5.A$, on ne peut plus discerner le spectre que C^6H^5 et A possèdent lorsqu'ils sont engagés séparément dans un carbure saturé. Lorque n est égal à l'unité, l'influence mutuelle de C^6H^5 et A, tout en étant moindre, est encore très appréciable. Enfin pour des valeurs de n supérieures à deux, la molécule possède sensiblement la même absorption que $C^6H^5CH^3$ et $CH^3.A$. Il en est ainsi par exemple dans les séries

$$C^6H^5(CH^2)^nCO^2H\,(I),\quad C^6H^5(CH^2)^nC^6H^5\,(II),\quad C^6H^5(CH^2)^nCH = CH^2, \ldots.$$

Mme Ramart et M. Hoch ont observé que si, dans la série (I), on remplace le radical phényle par le radical mésityle le comportement spectral de cette série est sensiblement différent. L'influence mutuelle des radicaux $(CH^3)^3C^6H^2$ et CO^2H est faible même si ces chromophores sont fixés sur le même atome de carbone. J'ai mesuré l'absorption des carbures, $(CH^3)^3C^6H^2(CH^2)^nC^6H^2(CH^3)^3$ et j'ai pu constater dans cette série encore, que la variation d'absorption, quand on passe du terme pour lequel n est égal à l'unité aux homologues supérieurs, est très faible.

(1) Séance du 11 juillet 1932

Tout se passe donc ici encore comme si la présence des groupes CH^3 fixés en ortho vis-à-vis de la chaîne qui unit les chromophores avait pour effet de diminuer très fortement l'influence mutuelle qu'excercent ces derniers.

Dans la figure 2 se trouvent tracées les courbes d'absorption du dimési-

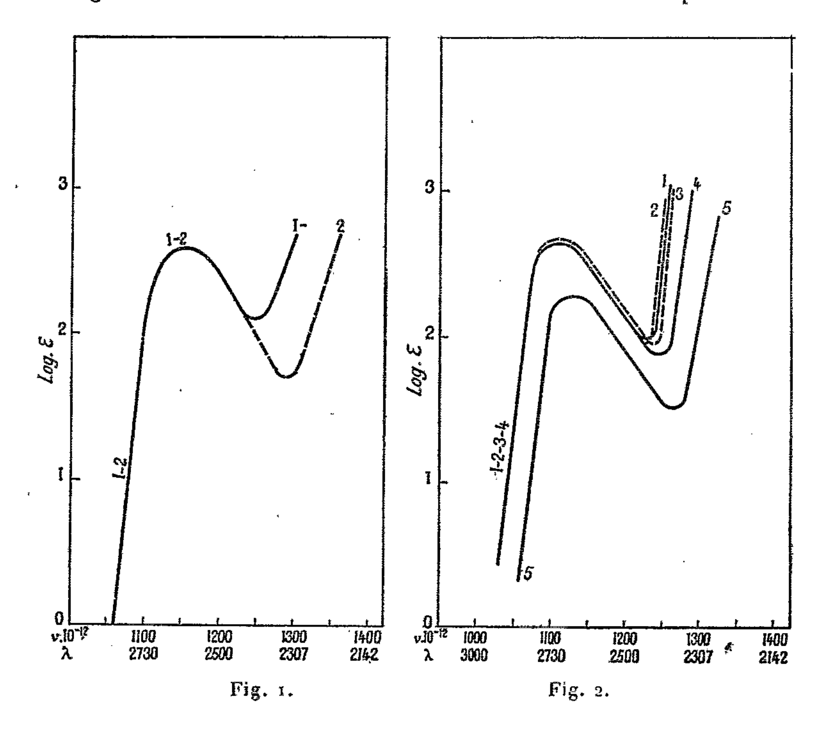


Fig. 1. Fig. 2.

tylméthane (1), du dimésityléthane (2), dimésitylbutane (3). Je donne également la courbe du mésitylène (5) et celle du mésitylpropanol en concentration double (4). Dans la figure 1, et à titre de comparaison, je donne les courbes du diphénylméthane (1) et du dibenzyle (2) (série II). Ces courbes sont tracées en portant en ordonnées les logarithmes du coefficient d'absorption défini par la relation $I = I_0 . 10^{-\Sigma cd}$ et en abscisses les fréquences et les longueurs d'onde.

Sauf pour le premier terme le dimésitylméthane ces carbures ont été obtenus en traitant les halogénures de formule $(CH^3)^3C^6H^2(CH^2)^nX$ soit par du sodium soit par du magnésium.

Préparation des halogénures. — Le premier terme a été obtenu en appliquant la méthode de Sommelet (¹) j'ai traité le mésitylène par le chlore

(¹) SOMMELET, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1443.

méthyloxyéthyle en solution dans Cl^4C en présence de Cl^4Sn à la température de — 5° et en agitant. Par cette méthode j'ai obtenu le triméthyl 2-4-6 chlorure de benzyle avec 70 pour 100 de rendement, alors que Sommelet indique seulement 50 pour 100 pour ces préparations.

Pour obtenir le bromure de mésityléthyle j'ai tout d'abord traité le triméthylchlorure de benzyle par CNK ; le mésitylacétonitrile (¹) ainsi obtenu (P. E. 190° sous 11^{mm}) conduit, par hydratation, à la mésitylacétamide (P. F. 216°). La réduction de cette amide par le sodium et l'alcool m'a donné l'alcool mésityléthylique (P. E. 145° sous 17^{mm}; P. F. 79°) donnant une phényluréthane (P. F. 147°). Enfin, pour obtenir le bromure de mésityléthyle (P. F. 74°), j'ai transformé l'alcool précédent par action du Br^3P.

Pour préparer le bromure de mésitylpropyle, je suis également parti du triméthylchlorure de benzyle sur lequel j'ai fait agir le malonate d'éthyle sodé. Le triméthylbenzyle malonate d'éthyle (¹) ainsi obtenu m'a donné par saponification l'acide mésitylmalonique lequel, chauffé à 180°, conduit à l'acide γ-mésitylpropionique (¹). En traitant cet acide en solution dans l'alcool absolu par ClH gazeux et sec, il s'est formé le mésitylpropionate d'éthyle (P. E. 163°-164° sous 16^{mm}) qui, réduit par le sodium et l'alcool, m'a conduit à l'alcool mésitylpropylique (P. F. 54°) donnant une phénylurétane (P. F. 102°). Par action du Br^3P, j'ai transformé cet alcool en bromure de mésitylpropyle (P. E. 163° sous 18^{mm}).

Préparation des carbures. — Le *dimésitylméthane* (²) a été obtenu avec un assez bon rendement et à peu près pur comme produit secondaire de la réaction de Sommelet. J'ai préparé le *dimésithyléthane* (³) en traitant le triméthylchlorure de benzyle, par le magnésium.

Le dimésitylbutane (P. F. 124°) et le *dimésitylhexane* (P. F. 74°) ont été obtenus avec de très mauvais rendements en faisant agir le sodium sur le bromure de mésityléthyle et sur le bromure de mésitylpropyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de carbures aromatiques alcoylés*. Note de MM. **G. Hugel** et **M. Lerer**, présentée par M. Delépine.

Les carbures aromatiques, notamment les polycycliques, se combinent au sodium métallique. C'est ainsi que le naphtalène donne le 1.4-dihydro-

(¹) Hoch, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1464-1466.

(²) Wentzel, *Monatshefte f. Chem.*, 35, 1914, p. 953-63; Franckforter et Cokatnur, *Journ. Americ. Chem. Soc.*, 39, 1913, p. 1529-1537.

(³) Wentzel, *Monatshefte f. Chem.*, 35, 1914, p. 953-963.

naphtalène disodé; au sein de l'ammoniac liquide, il forme même, d'après Wooster et Smith (*Journ. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 179), un dérivé tétrasodé : le 1.2.3.4-tétrahydronaphtalène 1.2.3.4-tétrasodé. L'anthracène fixe deux atomes de sodium dans la position 9.10.

Ces composés sodés sont en général très aptes à réagir, et nous avons trouvé qu'ils se comportent souvent comme les magnésiens de Grignard. La réaction qui nous a principalement intéressés est l'action des halogénures d'alcoyles sur ces composés organométalliques.

Nous avons été surpris du fait négatif trouvé par Schlenk et Bergmann (*Ber. d. ch. G.*, 47, 1914, p. 479) que le dérivé disodé de l'anthracène régénère l'anthracène avec l'iodure de méthyle. Le naphtalène se comporterait de même, d'après le travail précité de Wooster et Smith. Le naphtalène tétrasodé, traité au sein de l'ammoniac liquide par du bromure d'éthylène, dégage de l'éthane.

Contrairement à nos prédécesseurs, nous avons trouvé que la réaction mène, avec d'excellents rendements, aux carbures aromatiques alcoylés. Cependant, nos conditions de réactions ne s'écartent pas sensiblement de celles de Scklenk et de Wooster-Smith. Nous avons préparé le 1.4-dihydro-1.4-diisobutylnaphtalène par action du chlorure d'isobutyle sur du naphtalène dans l'ammoniaque liquide en présence de sodium. En partant d'anthracène, on obtient, dans l'éther anhydre, le 1.4-dihydro-1.4-diisoamylanthracène avec du chlorure d'isoamyle. Nous avons, en outre, fait réagir, dans les mêmes conditions sur l'anthracène, l'iodure de β-octyle, issu de la paraffine monochlorée. Ces derniers produits trouveront leur description ailleurs.

Synthèse du dihydrodiisomylanthracène

H CH²—CH²—CH(CH³)²
C
[anthracene ring] $= C^{24}H^{32}$
C
H CH²—CH²—CH(CH³)²

Le dérivé disodé de l'anthracène peut être traité avec du chlorure d'isoamyle tout aussi bien en milieu éthéré anhydre que dans le toluène ou le xylène à ébullition, ou encore dans de l'ammoniaque liquide. Ces quatre modes opératoires conduisent toujours au dihydrodiisoamylanthracène comme produit principal. Il se forme cependant toujours, à côté, une petite quantité du dérivé déshydrogéné : le diisoamylanthracène. Nous allons

décrire l'exécution de la réaction à titre d'exemple dans l'éther anhydre.

On introduit dans un ballon de 5^l : 2^l d'éther anhydre, 60^g de sodium pulvérisé et 200^g d'anthracène (environ 80 pour 100 de la quantité théorique d'anthracène). L'air est chassé par un courant d'azote et le ballon est ensuite bouché hermétiquement. Il est abandonné pendant 48 heures sur une machine à secouer. Au bout de ce laps de temps la réaction est complète et l'éther a pris une coloration rouge, violacée. On introduit maintenant, prudemment, goutte par goutte, la quantité théorique (239^g) de chlorure d'isoamyle dans un courant d'azote. La réaction est très vive et il faut calmer l'ébullition de l'éther par refroidissement. La coloration a entièrement disparu vers la fin de l'introduction du chlorure. Le sodium en excès est décomposé par addition d'un peu d'eau. On sépare le liquide de l'eau, on filtre l'éther et on le chasse ensuite. Il reste une huile épaisse que l'on dilue avec un peu d'éther de pétrole pour faciliter la cristallisation de l'anthracène resté inaltéré. Après un repos de plusieurs jours, on filtre de l'anthracène, distille de l'éther de pétrole et fractionne le résidu dans le vide cathodique. Il passe d'abord encore un peu d'anthracène, puis à 134-138° un liquide très visqueux qui est le dihydrodiisoamylanthracène. Les dernières portions cristallisent et déposent du diisoamylanthracène. On l'obtient pur en diluant avec très peu d'éther de pétrole et filtrant après un repos prolongé. Après une nouvelle distillation de la fraction principale, le dihydrodiisoamylanthracène est pur. Rendement 75 pour 100 par rapport à l'anthracène mis en œuvre.

Caractères. — Liquide, $d_4^0 = 0,9868$; $d_4^{21} = 0,9713$; $n_D^{10} = 1,5670$. P. M. (microméthode de Rast), 302; calc. 320. Analyse, trouvé pour 100 : C, 89,72; H, 10,06; calculé pour 100 : C, 90,0; H, 10,0 pour la formule $C^{24}H^{32}$.

Synthèse du 1.2.3.4-tétrahydro-1.4-diisobutylnaphtalène

H CH²—CH(CH³)²

H H H H

$= C^{18}H^{30}$

H CH²—CH(CH³)²

Les quantités de substances mises en œuvre sont : 1^l d'ammoniac liquide, 45^g de sodium pulvérisé, 30^g de naphtalène en poudre, 160^g de chlorure d'isobutyle.

Après évaporation de l'ammoniac, on épuise au benzène. A la distillation, on recueille très peu de tétraline, 10^g de naphtalène et, entre 170-175° sous 16^{mm}, le carbure cherché.

Caractères. — Liquide, $d_4^{10} = 0,9194$; $d_4^{19} = 0,9137$; $n_D^{18} = 1,5184$. Analyse, trouvé pour 100 : C, 88,53; H, 11,47; calculé pour 100 : C, 88,58; H, 11,43 pour la formule $C^{18}H^{30}$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'extinction de la fonction cétone et des théories émises pour interpréter ce phénomène.* Note de MM. **R. Cornubert** et **G. Sarkis**, présentée par M. Delépine.

Bien des chimistes ont signalé que telle ou telle cétone ne présente pas telle ou telle propriété fonctionnelle, mais personne, à notre connaissance, n'a cherché à éteindre systématiquement les propriétés cétoniques. Dans cette Note, nous allons rendre compte de nos premiers efforts dans cette direction.

Plusieurs cétones, étudiées par nous, ont été du type (I) : $\alpha\alpha'$-tétraméthyl-(I*a*), $\alpha\alpha'$-tétrapropyl-(I*b*), $\alpha\alpha'$-tétrabenzyl-(I*c*), $\alpha\alpha'$-tétrallyl-(I*d*)-cyclohexanones, $\alpha\alpha'$-dipropyldiisopropylcyclopentanone symétrique (I*e*),

(I). (II). (III).

Notre intention était, de plus, de préparer des cyclohexanones comportant six ou sept substitutions alcoylées ou arylées, mais, jusqu'à présent tout au moins, nous n'avons pas réussi à en accumuler plus de cinq : tripropylmenthone-(II), β-méthyl-β'-isopropyl-$\alpha\alpha'$-triallyl-(IV), β-méthyl et γ-méthyl-$\alpha\alpha'$-tétrapropylcyclohexanones-(V et VI). De plus, nous nous sommes intéressés à ce que nous pensons être la cétone (III). Nos recherches se résument de la manière suivante :

1° Les cétones I*b*, I*c*, I*d*, I*e*, V et VI n'ont donné ni oxime, ni semicarbazone; 2° elles n'ont pas réagi avec l'iodure de méthylmagnésium en opérant dans l'éther, même en employant un grand excès de réactif; mais, au sein de l'oxyde de butyle, les corps I*b*, I*c*, V et VI, mais non la cétone I*e*, ont donné ou l'alcool tertiaire cherché ou le carbure de déshydratation, surtout en mettant en œuvre un grand excès de magnésien; 3° enfin, toutes nos cétones, par l'alcool absolu et le sodium, ont donné avec une grande facilité l'alcool secondaire correspondant; seule la cétone I*e* a paru se laisser réduire avec une moindre facilité.

Nos expériences contredisent la théorie du carbonyle naissant de Stewart et Baly [1] car la cétone I*a* qui ne peut s'énoliser et par suite ne peut

[1] Stewart et Baly, *Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 459.

engendrer de « carbonyle naissant » par équilibre mobile, fournit une oxime avec une facilité plus qu'appréciable.

Certains faits sont en opposition avec la théorie de l'empêchement stérique, au moins si l'on admet que l'édifice moléculaire est rigide (si l'on ne l'admet pas, on ne peut plus avoir la moindre idée de cette notion directement inaccessible et purement intuitive) :

a. L'α-méthylcyclohexanone engendre immédiatement sa combinaison bisulfitique, les $\alpha\alpha$- et $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanones n'en donnent pas; l'encombrement supplémentaire créé par l'introduction d'un nouveau groupe méthyle est cependant faible (¹).

b. Une cétone, telle la cyclooctanone, fournit une combinaison bisulfitique en milieu hydroalcoolique, mais pas en milieu aqueux (²); ici, il n'y a pas modification de l'encombrement mais peut-être changement d'état moléculaire (la solubilité peut intervenir aussi en partie).

c. L'$\alpha\alpha'$-tétraméthylcyclohexanone donne une oxime et pas de semicarbazone, tandis que l'$\alpha\alpha'$-dibenzylcyclohexanone fournit uue semicarbazone, mais n'engendre pas d'oxime dans les mêmes conditions (³). Si l'effet stérique était dominant, ces cétones n'auraient pas dû présenter pareille inversion des propriétés, mais les manifester *a priori* avec des facilités variant au moins dans le même sens (il ne semble pas y avoir de phénomène parasite).

d. L'$\alpha\alpha'$-dibenzylcyclohexanone ne s'oxime pas quand on la traite molécule à molécule par le chlorhydrate d'hydroxylamine, mais l'oximation se produit avec un excellent rendement quand on prend 10 molécules de réactif pour 1 de cétone (⁴). Il n'y a pas modification de l'encombrement, mais déplacement de l'équilibre.

e. Une cétone peut ne pas réagir avec l'iodure de méthylmagnésium dans l'éther et réagir parfaitement bien au sein de l'oxyde de butyle; l'encombrement ne change cependant pas, mais l'état moléculaire peut varier; la température paraît jouer ici un grand rôle.

f. Une cétone, qui ne donne pas d'oxime par réaction directe avec l'hydroxylamine, peut en engendrer une avec ce réactif par voie détournée (⁵); la non-formation directe n'est donc pas due à ce que les groupes substi-

---

(¹) R. Cornubert, *Bull. Soc. Chim.*, **49**, 1931, p. 1229.
(²) Ruzicka et Brugger, *Helv. Chim. Acta.*, **9**, 1926, p. 389.
(³) R. Cornubert et Chr. Borrel, *Essais inédits*.
(⁴) R. Cornubert et Chr. Borrel, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 643.
(⁵) Mme Ramart et Salmon-Legagneur, *Bull. Soc. Chim.*, **43**, 1928, p. 321.

tuants ne laissent pas un espace suffisant pour que le groupe oxime puisse se créer.

Toutefois les faits suivants se présentent différemment :

1° Il faut faire ressortir que seule la cétone diisopropylée I*e* n'a pu être combinée à l'iodure de méthylmagnésium, ce qui est en accord avec la théorie de l'empêchement stérique d'après laquelle le groupe isopropyle doit exercer une grande influence contraignante; cependant le groupe isopropyle peut, chez un corps qui le contient, provoquer des réactions inconnues avec des substances similaires ne différant de la première que par la nature du groupe alcoyle introduit à sa place. L'effet du groupe isopropyle peut donc être un effet chimique particulier, une sorte de résonnance.

2° La réductibilité toujours aisée en alcool secondaire, un peu moins facile cependant dans le cas de la cétone diisopropylée I*e*, correspond à la fixation de la particule chimique la plus petite. Ces faits sont en accord avec la théorie de l'empêchement stérique, mais il faut noter qu'il s'agit ici d'hydrogène à haut potentiel de réduction et que le phénomène peut représenter un effet purement chimique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application de l'oxydation chromique à quelques alcools*. Note de MM. **Lucien Semichon** et **Michel Flanzy**, présentée par M. Delépine.

Alcools primaires. — Nos essais ont porté sur les alcools méthylique, éthylique et les alcools normaux propylique, butylique, amylique, hexylique et heptylique. L'oxydation a été effectuée en milieu dilué au moyen de $0^g,680$ de $Cr^2O^7K^2$ ($= 0^g,111$ d'oxygène actif) en 20^g d'eau et 10^{cm^3} de SO^4H^2 de $D = 1,710$ et à 15°. On a employé 5^{cm^3} d'une solution renfermant une molécule-mgr. de chaque alcool.

Les alcools primaires donnent intégralement les acides correspondants. Ceux-ci demeurent inattaqués, même après 20 heures de contact. Au bout de 10 minutes, on obtient les oxydations suivantes : alcool éthylique, 100 pour 100; alcool propylique, 98,3 pour 100; alcool butylique, 93,4 pour 100; alcool amylique, 91,3 pour 100; alcool hexylique, 75 pour 100; alcool heptylique, 70 pour 100. L'oxydation de ces alcools en acides gras correspondants est totale après un temps qui n'excède pas 1 heure 30 minutes. Ces résultats nous ont conduits au dosage de C^2H^5-OH (Semichon et Flanzy, *Annales des Falsifications et Fraudes*, 1929, p. 139).

Ces expériences montrent également qu'on peut doser chacun des alcools homologues en les transformant en acides correspondants et en les dosant (1).

Fournier (2) n'a obtenu que des rendements variant de 50 à 75 pour 100 avec le MnO^4K.

L'alcool méthylique est oxydé intégralement en CO^2 et H^2O après 1 heure de contact. On peut qualifier et même doser l'alcool méthylique avec une approximation décuplée en s'appuyant sur la mesure de son oxydation totale (Semichon et Flanzy, *Annales des Falsifications et Fraudes*, 1931, p. 80).

Alcools secondaires. — Nos études ont porté sur l'alcool isopropylique, l'alcool butylique secondaire, et le méthylpropylcarbinol. L'oxydation a été effectuée dans les conditions précisées pour les alcools primaires. En moins d'une heure, ces alcools secondaires sont transformés intégralement en cétone correspondante. L'acétone n'est pas oxydée par ce mélange oxydant même après deux heures de contact; la butylcétone l'est très légèrement après 1 heure 30 minutes; l'oxydation est d'autant plus sensible que la cétone est plus riche en C.

Oxydation des cétones. — 5^{cm^3} de solution renfermant $0^g,076$ d'acétone ont été versés dans le milieu oxydant constitué par $0^g,525$ de CrO^3 ($=0^g,126$ d'oxygène actif) dans 5^g d'eau et 5^{cm^3} de SO^4H^2 de $D=1,710$. En chauffant à 100° pendant une heure, l'acétone est complètement transformée en acide acétique. A partir de $0^g,0789$ d'alcool isopropylique nous avons obtenu successivement $0^g,076$ d'acétone et $0^g,078$ d'acide acétique.

De même, les cétones homologues sont oxydées intégralement en acide acétique.

Application. — Dans les vins et les spiritueux, d'après les résultats précédents, on distinguera les alcools primaires et les alcools secondaires. L'oxydation à froid en milieu dilué, donne, avec les premiers, les acides correspondants; avec les seconds, les cétones correspondantes. On entraîne à la vapeur d'eau les acides gras et les cétones; on sature les acides et l'on distille les cétones. Les acides et les cétones sont dosés séparément.

Alcools tertiaires. — Nous avons étudié le triméthylcarbinol. Dans les conditions opératoires appliquées aux alcools primaires et secondaires, son oxydation est encore incomplète après 125 heures. En liqueur concentrée, et à 100°, le triméthylcarbinol donne intégralement de l'acide acétique.

---

(1) Semichon et Flanzy, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1827.

(2) H. Fournier, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 331.

Nous avons caractérisé comme produits intermédiaires l'acide isobutyrique, l'acétone et l'acide propionique, et nous avons précisé que ces composés dérivent les uns des autres dans l'ordre précité. Le premier effet de l'oxydant sur les alcools tertiaires n'est donc pas de scinder la molécule, mais de donner un *acide iso* ayant le même nombre d'atomes de carbone. Cet acide iso donne une cétone avant d'aboutir à $CH^3 - CO^2H$.

Glycols. — Pour les glycols éthylique, propylénique et butylénique, à mélange oxydant faible indiqué pour les alcools primaires produit à 15° une oxydation parallèle à celle des alcools primaires en donnant les acides correspondants. L'étude de l'oxydabilité de ces acides (¹) conduit au dosage exact du glycol butylénique et à la caractérisation des glycols inférieurs.

Alcools polyatomiques. — Nous avons étudié la glycérine, l'érythrite, la mannite, le glucose, le lévulose, le saccharose, la dextrine, l'amidon. Nous avons toujours caractérisé la formation de quantités très importantes de $H - COH$ décelé par ses réactions colorimétriques et par sa transformation ultérieure en HCO^2H. Avec le mélange oxydant faible la glycérine est intégralement transformée en CO^2 et H^2O en moins d'une heure. Cette transformation quantitative est la base de notre méthode de dosage (Semichon et Flanzy, *Annales des Falsifications et Fraudes*, 1931, p. 583). L'oxydation de ces alcools où n'existe pas de CH^3 aboutit à CO^2 et H^2O, après séparation de radicaux CHOH et oxydation de ceux-ci. La formation de HCOH par l'oxydation chromique est à rapprocher de la formation de HCO^2H signalée par Perdrix (²) dans l'oxydation des polyalcools par MnO^4K.

Alcools à fonctions complexes. — D'une façon générale, si la molécule renferme un ou plusieurs radicaux CH^3, on aboutit toujours avec l'oxydant fort, en un temps qui n'excède pas une heure, et à 100°, à la formation quantitative d'acide acétique. Si la molécule renferme plusieurs radicaux CH^2 liés ensemble, à l'exclusion de tout radical CH^3, on aboutit dans les mêmes conditions à la formation quantitative d'acide succinique ou de ses homologues.

(¹) Semichon et Flanzy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2063.

(²) L. Perdrix, *Bulletin de la Société chimique*, Paris, 3e série, 17, 1897, p. 100.

PÉTROGRAPHIE. — *Classification des argiles sédimentaires.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, transmise par M. L. Cayeux.

Sous le nom d'argiles nous entendons ici des matériaux qui sont essentiellement formés par l'un des minéraux que les minéralogistes placent sous la rubrique argile.

Il nous apparaît que les *dépôts sédimentaires* de cette catégorie comportent trois types principaux :

1° *L'argile d'halloysite*, dont on peut prendre comme type l'argile plastique grise du bassin de Paris, dans la partie de celui-ci qui avoisine immédiatement Paris au Sud (Ivry), et dont la masse principale est faite d'un feutrage de lamelles d'halloysite. Sur ces lamelles d'halloysite sont fixés des petits cristaux de rutile et d'anatase, en quantité, qui, par suite de leur haute réfringence, font, au microscope, effet de grains de poussière souillant l'argile.

2° *L'argile de montmorillonite*, caractérisée par les très petites lamelles de ce minéral qui en forme aussi la masse principale, mais où l'on ne distingue pas de cristaux de rutile et d'anatase. On peut en prendre le type soit dans l'Oligocène continental de la Berbérie (dans les départements d'Alger et d'Oran), soit dans le complexe mio-pliocène saharien, par exemple au voisinage de Biskra.

3° *L'argile de kaolinite*, dont le constituant essentiel est la vermiculure de kaolinite, exempte elle aussi des poussières de minéraux titaniques.

Nous en prendrons comme type certains des tonstein du bassin houiller de la Sarre ou de Sarre-et-Moselle, ou certains gores homogènes du bassin houiller de la région de Saint-Étienne où Pierre Termier décrivit la leverriérite, minéral identifié depuis à la kaolinite.

Ces trois types d'argiles sédimentaires, minéralogiquement différents, mais qui, établis en couches, sont des entités stratigraphiques de même allure, correspondent à des modes de formation divers. Ainsi le premier type apparaît-il comme le produit de la sédimentation d'une « argile » dont le lieu d'origine n'est pas celui du dépôt. En ce qui concerne l'argile plastique sparnacienne du bassin parisien, c'est dans le Massif Central français qu'il faut en aller chercher la matière. On retrouve là les produits d'une décomposition des vieux terrains granitiques ou gneissiques, opérée sur place et qui, précisément, engendre, aux dépens des micas noirs, l'halloysite à rutile et anatase. L'âge de ces matériaux, de caractère latéritique,

déterminé par les dépôts qui les recouvrent comme anté Oligocène, correspond très nettement à l'époque de leur épandage dans le bassin parisien.

Les deuxième et troisième types montrent au contraire que leur matière s'est formée au lieu même où nous l'observons aujourd'hui. La réalité de ce fait résulte de l'observation de la manière d'être des cristaux de montmorillonite ou de kaolinite qui montre que certains de leurs éléments ont pris naissance soit dans de multiples fentes du dépôt primitif (montmorillonite), soit dans des fissures de retrait de matières carbonées (kaolinite).

Ni les argiles à montmorillonite, ni les argiles à kaolinite ne contiennent les poussières titaniques des argiles à halloysite. Cela nous est une raison de penser que la principale masse des matériaux originellement sédimentés qui leur ont donné naissance fut composée de silicates à bases, diverses peut-être, mais principalement alcalines, et non titanifères : vraisemblablement de feldspaths. C'est à la décomposition de ces feldspaths au lieu de leur sédimentation qu'est due, à notre sens, la production du minéral argileux tel que nous l'observons aujourd'hui. Ces argiles à montmorillonite ou à kaolinite furent des sédiments fins qui évoluèrent sur place.

Il est bien remarquable que des corps humiques accompagnent les sédiments faits de kaolinite qui ont l'origine qui vient d'être indiquée. Ce n'est pas le cas de ceux à montmorillonite. Les uns et les autres représenteraient deux modes de décomposition des matériaux originels et seraient symptomatiques de deux types de conditions climatiques.

La forêt houillère, mère des corps humiques, synthétiserait le « climat » des argiles de kaolinite ; le désert, dans les conditions réalisées par la partie principale du Sahara, celui des argiles de montmorillonite. Quant aux argiles d'halloysite elles témoigneraient d'un climat tropical ou subtropical provoquant en terre émergée la décomposition directe de matériaux phylliteux.

TECTONIQUE. — *La structure en écailles de la région d'Ambérieu (bordure Ouest du Jura méridional) et l'âge des derniers mouvements jurassiens.* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. L. de Launay.

Certains auteurs, notamment E. Benoît et M. A. Riche, ont signalé la tectonique cassante de la bordure occidentale du Jura vers Ambérieu, divisée par des failles en bandes Nord-Sud, parallèles au rebord de la chaîne.

M. Riche (1) a fait mention de l'inclinaison vers le Sud-Est du plan d'une de ces failles et du chevauchement qu'elle détermine. D'autre part, MM. Gignoux et Moret, dans une étude « sur l'origine des asphaltes du Jura méridional (*Ann. de l'Off. nat. Comb. liquides*, p. 143-152), font allusion, au sujet du sondage de Vaux, à un régime de lames de Tertiaire en écailles chevauchées par le Secondaire. Des recherches m'ont permis de préciser la notion de la structure en écailles de la bordure Ouest du Jura méridional et surtout l'âge de formation de ces écailles.

I. Très instructive est l'étude du *vallon de Vareille*, à l'Est d'Ambérieu. Sur son versant Sud, les ruines du château de Saint-Germain sont placées sur une *première écaille* de Bajocien qui s'enfonce faiblement vers l'Est et descend, amincie, jusqu'au thalweg où elle s'accompagne, à la base, de Lias très écrasé. Cette écaille repose sur les formations tufo-sableuses et conglomérats du Pontien (2), à pendage vers l'Est de 15°. — Sur la première écaille se trouve une série à pendage faible Sud-Est, comprenant, en superposition normale : le Lias supérieur (marnes noires et oolithes ferrugineuses), le Bajocien, le Bathonien de la Grange du Plan. Cette série constitue une *deuxième écaille* distincte de la première. Le chevauchement est ici assez important.

Sur le versant Nord du vallon de Vareille, on retrouve la *première écaille* de Bajocien très écrasé, avec Lias bien développé à la base, où l'on distingue, outre le Lias supérieur, le calcaire à Gryphées du Sinémurien. La corniche bajocienne, boisée, de cette écaille plonge vers l'Est et descend obliquement sur le flanc pour finir à l'amont de Vareille. — Sur cette première écaille qui repose sur le Pontien, chevauche la *deuxième écaille* de Bajocien et de Bathonien (du point 488) avec interposition de Lias marneux. — Le chevauchement du Pontien par la première écaille est attesté par le rentrant topographique, vers l'amont, du Pontien, dans le vallon de Vareille.

II. Sur la *route d'Ambérieu aux Allymes* (Nord du vallon de Vareille), on observe, sur le bord du plateau des Brosses, l'Oolithique inférieur très écrasé de la *première écaille*, superposé à une série liasique, relativement épaisse, inégalement développée, souvent disloquée, à pendage Est variable ; ce Lias est constitué de haut en bas par le Toarcien (schistes argileux noirs à *Hildoceras bifrons*, avec débris emballés d'oolithes ferrugineuses de l'Aalénien), le Lias moyen (calcaire marneux à Bélemnites), le Sinémurien (calcaire gréso-spathique à Gryphées arquées, emballé dans du Lias marneux mêlé de Pontien). Cette première écaille repose sur les argiles pontiennes dans lesquelles on observe encore un lambeau, emballé, de Lias supérieur fossilifère, argileux et ferrugineux. La végétation du plateau ne permet pas de voir la superposition de la seconde écaille à la première.

---

(1) *Feuille de Lyon au 320000e* (*Bull. Serv. Carte géol. de la France*, 24, 1919-1920, n° 140, *Comptes rendus pour la camp.* 1919, p. 95-102).

(2) Voir, sur ces formations : A. Boistel, *Sur le Miocène supérieur de la bordure du Jura aux environs d'Ambérieu* (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3e série, 22, 1894, p. 628-659).

III. A 3^{km} Nord d'Ambérieu, *à l'Est de Douvres*, on retrouve les brèches de la *première écaille*, formées de Bajocien, Bathonien, Séquanien, en bancs écrasés, disloqués, à pendage Est généralement fort; vers l'Ouest elles s'appuient, directement ou avec interposition de Lias supérieur, écrasé et fossilifère, contre le Pontien représenté notamment par des travertins gréseux avec traces de friction. — Cette *première écaille* est légèrement chevauchée par une *seconde écaille* de Bajocien, Bathonien, Oxfordien, à pendage vers l'Est de 25 à 30°.

IV. La cluse d'Ambérieu à Tenay, *entre Saint-Germain et Torcieu*, permet de compléter la coupe vers l'Est. Sur son bord Nord-Est, apparaît, à l'Est des Abéanches, une *troisième écaille* de Bajocien-Bathonien, en superposition normale, plongeant de 40 à 45° vers le Sud-Est, s'appuyant à l'Ouest sur la seconde (Grange du Plan) et chevauchée à l'Est, près du Monument des Balmettes, par une *quatrième écaille*, de même constitution et allure que la troisième. Vers l'Est, *deux autres écailles* se montrent encore jusqu'à Torcieu, avec Lias à la base de chacune d'elles.

Ce régime d'écailles imbriquées et chevauchantes, avec plans de chevauchement inclinés vers l'Est, caractérise la lisière occidentale du Jura vers Ambérieu. Ces écailles n'ont pas toutes la même inclinaison vers l'Est. *La plus occidentale chevauche les formations pontiennes : elles sont donc post-pontiennes*. Elles semblent provenir d'anticlinaux déversés, longitudinalement fragmentés, avec refoulement, les uns sur les autres, des compartiments ainsi formés, sous une poussée de l'Est; le flanc inverse de ces anticlinaux est vraisemblablement disparu en profondeur sous les éléments du flanc normal. — A l'Est de Torcieu et jusqu'au Val d'Hauteville, les écailles font place à un régime de plis serrés, cassants, déjà signalés par M. Riche : ces plis incomplets, souvent réduits, pour les anticlinaux, à leur retombée orientale normale, se heurtent par cassures ou même se chevauchent.

Ces complications du régime plissé : écailles, serrage des plis, de même que les décollements, les rapports anormaux entre anticlinaux et synclinaux voisins, les décrochements du Jura oriental, nous paraissent contemporains du chevauchement du Pontien par le Jurassique du bord Ouest de la chaîne et dus aux *mouvements tangentiels post-pontiens et antépliocènes* : ceux-ci ont fait sentir leur action, énergique, sur une chaîne antérieurement, mais plus régulièrement plissée et qui avait subi au Miocène une évolution continentale très poussée, ayant produit une certaine arasion des plis et des discontinuités dans les couches superficielles. Les *mouvements pliocènes*, moins importants comme en témoigne le faible relèvement vers le Jura du Pliocène de la bordure bressane, n'ont déterminé qu'un léger soulèvement en masse de la chaîne jurassienne.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur une faune du Crétacé aux environs de Tissa (Maroc occidental).* Note [1] de M. **Fernand Daguin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans une Note antérieure, j'ai signalé l'existence, dans des couches marno-calcaires à faciès flysch, d'une faune recueillie à 7^{km} environ à vol d'oiseau au Nord-Ouest de Tissa (Feuille Fès Nord-Est au 1/100000e). Le gisement a été mis à découvert par une exploitation pour les Travaux publics. Il permet de définir avec certitude le Crétacé dans une région où l'on aurait eu tendance à tout rapporter à l'Éocène, étant donné la grande ressemblance entre les formations de l'Éocène et du Crétacé.

Les fossiles du gisement des Od b Saddene sont des Ammonoïdés. Ils sont abondants; malheureusement, les échantillons vraiment bien conservés sont rares et souvent écrasés. Néanmoins, j'ai pu réunir un certain nombre de fossiles, en assez bon état, que M. Ch. Jacob a examinés.

Il y a reconnu : *Ammonites (Mortoniceras?) Roissyanus* d'Orb. sp. certain, *Ammonites (Mortoniceras?) Delaruei* d'Orb. sp. à peu près certain, un *Turrilites* de petite taille, à côtes simples rappelant *Turrilites Hugardianus* d'Orb. Il y a aussi des formes déroulées, rappelant celles figurées par Pictet et Roux et par Pictet et Campiche.

Amm. Roissyanus et *Amm. Delaruei*, à peu près certainement déterminés, ne laissent aucun doute sur l'âge albien franc (Zone V de Ch. Jacob à *Hoplites dentatus*).

La découverte de l'Albien franc aux environs de Tissa apporte un point de repère de plus pour jalonner l'emplacement du bras de mer rifain au Crétacé.

Je rappelle que M. J. Lacoste [2] a signalé l'Albien vers l'Ouest, sur la rive sud de l'Ouergha, où, chez les Sless, il a trouvé *Puzosia* aff. *Mayoriana* d'Orb., *Latidorsella latidorsata* Mich. Vers l'Est, MM. Marçais, Duhoux et Lecwicjk ont trouvé également le Crétacé inférieur jusqu'à l'Albien inclus [3].

---

(1) Séance du 11 juillet 1932.

(2) J. Lacoste, *L'extension du Crétacé dans la région méridionale du Rif occidental* (*Comptes rendus*, 182, 1929, p. 719).

(3) J. Marçais, Duhoux et Lecwijck, *Sur la présence du Crétacé inférieur dans la partie méridionale du Rif oriental* (*C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 18 mai 1931, p. 119-121).

Les connaissances se précisent ainsi sur l'extension du bras de mer qui, au surplus, s'étendait largement vers le Sud, où des dépôts de mer moins profonde du Crétacé ont été repérés.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'éther en vapeurs saturantes sur les noyaux quiescents et en cinèse des plantules de* Raphanus sativus. Note (¹) de M. **Maurice Hocquette** et Mlle **Raymonde Villard**, présentée par M. L. Blaringhem.

Des plantules de *Raphanus sativus* d'âge différent (2 à 8 jours) ont été soumises à l'action des vapeurs saturantes d'éther pendant des temps variant entre 5 minutes et 2 heures 30 minutes. Les organes prélevés sur plantules normales et ayant subi l'action de l'éther ont été traités suivant les techniques cytologiques et mitochondriales de fixation et de coloration.

Les premiers troubles qui surviennent dans la cellule, sous l'influence des vapeurs d'éther, sont des troubles plasmiques déjà bien marqués après un séjour des plantules de 5-10 minutes dans une atmosphère saturée de vapeurs. Ils se manifestent par une granulisation et une vacuolisation intense qui donne au cytoplasme un aspect spumeux. Ces phénomènes sont d'autant plus accusés que les assises sont plus périphériques et s'accompagnent d'une plasmolyse dont l'intensité est en raison inverse de la profondeur de l'assise cellulaire considérée. Ces altérations correspondent aux modifications cytoplasmiques qui ont été observées par plusieurs auteurs (Nadson et Meils, Beauverie et Cornet, Cornet) et pour différents objets, après action du chloroforme et de l'éther.

Aux troubles plastiques s'ajoutent après 20 minutes d'exposition aux vapeurs d'éther les premiers stades nets de la dégénérescence nucléaire. Cette dégénérescence est progressive; elle augmente avec la durée de l'éthérification, mais son intensité et le processus de régression varient avec le stade d'évolution des cellules.

Le noyau quiescent des cellules des tissus déjà différenciés (zone supraméristématique et axe hypocotylé) est très sensible à l'action de l'éther; son contour s'accuse, la chromaticité périphérique s'accentue, l'enkylème se charge d'abondantes granulations et d'un certain nombre de petits amas chromatiques irréguliers. Le nucléole diminue de volume; le halo clair qui

(¹) Séance du 4 juillet 1932.

l'entourait dans les noyaux normaux disparaît; puis les amas chromatiques deviennent plus volumineux (le nucléole ne s'en distingue plus) et se portent à la périphérie du noyau. Le contact nucléo-cytoplasmique s'estompe et, à la faveur de l'atténuation de la limite nucléaire, un certain nombre de masses chromatiques passent dans la cavité cellulaire : d'abord homogènes, entièrement chromatiques, ces granulations gonflent et leur région centrale perd de sa chromaticité; bientôt on n'observe plus que des sortes de vacuoles limitées par une zone colorable dont l'importance diminue rapidement et finalement les granulations sont entièrement dissoutes. Tous ces phénomènes sont beaucoup plus accusés dans l'écorce que dans le cylindre central.

Le noyau quiescent des éléments méristématiques (interphasiques) est beaucoup plus résistant que celui des cellules adultes. L'action de l'éther se marque lentement par une diminution de volume que des mensurations mettent en évidence. Cette contraction de toute la masse nucléaire, d'ailleurs accompagnée d'une diminution de volume du nucléole, n'est longtemps que le seul trouble perceptible. Mais lorsqu'on soumet les plantules à l'action des vapeurs d'éther pendant plus de 40 minutes les modifications pathologiques s'accentuent rapidement : le noyau se contracte de plus en plus, son contour devient irrégulier, le réseau chromatique se condense en une masse homogène très chromatique réunie parfois à la périphérie nucléaire par quelques fins tractus. Le noyau et la masse chromatique centrale diminuent de volume et finalement le tout est dissous sur place. Le noyau des cellules de la coiffe subit la même évolution régressive que celui des éléments des tissus méristématiques.

Outre ces deux modes de dégénérescence bien caractérisés, le premier répondant à la karyorhexis, le second à la pycnose, nous avons observé toute une série de figures de transition; dans certains noyaux, dès les premiers stades de la dégénérescence, on constate une dispersion de la substance chromatique en globules, mais il se produit ensuite une condensation de ces globules en une masse centrale suivant le mode pycnose.

L'influence de l'éthérification sur les différentes figures de caryocinèse est d'abord marqué par un arrêt des processus caryocinétiques, puis chaque phase avorte au stade saisi par l'éther. L'action de l'éther se manifeste sur les prophases par une hypertrophie des chromosomes et un gonflement du nucléole dont le contour devient irrégulier; les noyaux prophasiques dégénèrent ensuite comme les noyaux quiescents dont on ne peut plus les distinguer. Les chromosomes métaphasiques et anaphasiques subissent des modi-

fications identiques et se soudent entre eux, formant une plaque chromatique irrégulière équatoriale pour les métaphases, situés vers l'un et l'autre pôle, de part et d'autre de l'équateur pour les anaphases; le fuseau, comme le cytoplasme, se charge peu à peu de granulations et se vacuolise mais la substance fusoriale est moins sensible que les colloïdes cytoplasmiques à l'action de l'éther et après une demi-heure d'éthérification le fuseau se distingue encore du cytoplasme par une plus grande homogénéité. Les noyaux télophasiques dégénèrent comme les noyaux prophasiques.

En résumé, en ce qui concerne l'action des vapeurs d'éther sur le noyau quiescent ou interphasique, nous pouvons conclure que l'influence nocive est d'autant plus marquée que les cellules sont plus différenciées, et d'autre part, que la nocivité se manifeste différemment sur les noyaux des tissus méristématiques et sur ceux de la coiffe et des tissus adultes; les premiers subissent une dégénérescence suivant le mode *pycnose*, les seconds suivant le mode *karyorhexis*, chaque mode étant vraisemblablement en rapport avec l'état particulier des colloïdes nucléaires.

La non-identité de résistance et des processus de dégénérescence, pour les noyaux quiescents des régions supra-méristématiques et des tissus adultes d'une part et ceux du méristème (interphasiques) d'autre part pourrait s'expliquer par un équilibre différent des phases colloïdales dans ces deux types de noyaux, le degré de dispersion de la substance chromatique étant plus élevé dans un noyau interphasique que dans un noyau quiescent.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le pouvoir de concentration du cytoplasme : Formation de cristaux par des grains de pollen, à partir du rouge neutre.* Note de M. L. **Plantefol**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les études physiologiques récentes ont montré l'importance du pouvoir de sélection présenté par le cytoplasme. De deux substances également dissoutes dans le milieu en contact avec la cellule, l'une pourra être accumulée au sein du cytoplasme dans les vacuoles, l'autre en sera presque absente. L'activité physiologique du protoplasme entretient donc un déséquilibre entre la cellule et son milieu, soit qu'elle concentre, soit qu'elle exclue telle ou telle substance.

Les colorations vitales des vacuoles ont fourni depuis longtemps des exemples frappants établissant le pouvoir de concentrer. Pfeffer a montré

que dans une solution de bleu de méthylène paraissant à peine teintée sous plusieurs centimètres d'épaisseur, des vacuoles dont le diamètre n'était que de quelques μ devenaient intensément colorées. Imaginons que le phénomène de concentration se poursuive : si le colorant est à l'état dissous dans la vacuole, nous pourrons le voir, dépassant la saturation, se déposer en cristaux; à vrai dire, on ne connaît jusqu'ici aucun exemple d'un tel fait : à forte concentration, le colorant vital devient toxique; le cytoplasme commence à se teindre, tandis que le colorant abandonne les vacuoles.

Au cours de recherches physiologiques sur la germination du grain de pollen, j'ai rencontré un cas où la concentration d'un colorant vital amène à la formation de cristaux. L'interprétation des phénomènes observés est d'ailleurs rendue un peu délicate par la structure cytologique particulière présentée par le grain de pollen.

Le séjour de grains de pollen provenant de *Prunus amygdalus* Stokes, *P. spinosa* L., *P. cerasifera* Ehrh. subsp. *divaricata* dans des solutions de rouge neutre allant de 5 pour 100000 à 7,5 pour 10000, détermine, en une ou quelques heures, la formation de cristaux rouges à l'intérieur des grains.

Ces cristaux peuvent présenter des dimensions et des modes de groupement divers : aiguilles ténues et relativement courtes, éparses dans tout le cytoplasme; asters de cristaux, de 1 à 6 dans la cellule; longues aiguilles rectilignes, tantôt épaisses et d'aspect rigide, groupées en faisceaux denses, tantôt amincies vers leurs pointes qui, souples, semblent se mouler contre l'intine.

La composition chimique des cristaux est difficile à démontrer. Leurs caractères de solubilité sont ceux du rouge neutre; de même aussi certains groupements de cristaux ne sont pas sans analogie avec ceux des cristaux de rouge neutre, obtenus à partir de solutions alcooliques. Les conditions dans lesquelles on les fait naître dans les grains de pollen, sans pouvoir obtenir rien de comparable *in vitro*, en présence même des constituants du grain de pollen, excluent l'hypothèse d'une combinaison chimique où s'engagerait la molécule de rouge neutre. Il y aurait donc ici réalisation d'une concentration du colorant suffisante pour amener une cristallisation.

Ce phénomène comporte d'ailleurs l'entrée en jeu d'une activité physiologique : il ne se produit que dans les grains à l'état de vie et pour des concentrations de rouge neutre auxquelles le colorant n'est pas encore toxique. Il demande la présence de sucre dans le milieu, assurant la nutrition du grain. Enfin le développement de cristaux n'entrave pas la germination.

Il est très difficile de suivre les phases du développement de ces cristaux et de préciser sur quel substrat ils prennent naissance. Les propriétés spécifiques du rouge neutre, colorant vital des vacuoles, suggèrent de surveiller l'évolution de celles-ci :

a. Dans le grain qui se gonfle et germe, les vacuoles ne sont pas visibles : elles ne prennent pas de coloration vitale et sont impossibles à distinguer par ce moyen des autres granulations (amidon, chondriosomes) que renferme le cytoplasme.

b. On voit quand la germination se développe, se réaliser deux sortes de vacuoles :

1. Dans le grain apparaissent des vacuoles aqueuses, légèrement teintées par le rouge neutre, et dont la croissance chasse par un pore pollinique la masse cytoplasmique du grain de pollen.

2. Dans le tube pollinique, après imbibition totale de la masse cytoplasmique, se réalise un système canaliculaire qui, parfois, se teinte en rose par le rouge neutre et qui devient l'origine de vacuoles à contour défini.

Les unes et les autres se diluent progressivement et ne sont certainement pas en relation avec la formation des cristaux.

c. A ces vacuoles aqueuses, diverses observations ont opposé des éléments sensiblement sphériques, à contenu condensé et peu imbibable, dont le caractère de colorabilité par le rouge neutre semble faire un autre type de vacuoles. Il est possible que ce type soit toujours présent dans ces grains de pollen et corresponde à une partie des granulations cytoplasmiques qui sont normalement réfractaires aux colorations vitales. Divers arguments suggèrent que ces corps seraient les supports sur lesquels, par concentration du colorant, prennent naissance les cristaux de rouge neutre.

Les vitesses relatives avec lesquelles se produisent d'une part l'imbibition des divers éléments cytologiques du grain de pollen, d'autre part la concentration du colorant, peuvent expliquer la spécificité de ce phénomène, limité jusqu'ici au genre *Prunus*; elles expliquent aussi cette croissance de cristaux, en dehors même d'un suc vacuolaire, au sein du cytoplasme.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Influence de divers facteurs sur le développement de l'inflorescence des céréales*. Note (¹) de M. E. **Miège**, présentée par M. L. Blaringhem.

Nous avons recherché, pendant neuf années consécutives, quels étaient le mode de formation et l'allure du développement de l'inflorescence chez plusieurs variétés de différentes espèces de céréales (*Triticum vulgare* H., *Triticum durum* Defs., *Hordeum tetrastichum* K., *Avena algeriensis* T.). Tous les examens ont été effectués au microscope binoculaire (oc. 3, obj. f. 33), après dégagement à la main des feuilles; ils ont porté sur des plantes cultivées soit en sol siliceux pauvre, soit en terreau, avec addition ou non d'engrais minéraux (superphosphates de chaux, chlorure de potassium, nitrate de chaux) ou organiques (fumier de cheval). D'autre part, et étant donnée l'influence que quelques auteurs [Popoff, 1925, Radoëff (²)] ont attribué à la stimulation des semences sur la croissance des végétaux, certains lots de graines ont été soumis à divers traitements : trempage pendant 3 heures dans l'eau ordinaire, dans une solution de germisan à 0,5 pour 100, dans une solution de sulfate de manganèse à 0,5 pour 100, enrobage dans de la poudre de charbon de bois imbibée de nitrate de potasse. Voici les résultats :

I. Les travaux de G. H. Jensen (1918) et de J. Percival (1921) ont été pleinement confirmés en ce qui concerne l'époque d'apparition de l'inflorescence à l'intérieur de la tige, à savoir que la différenciation de l'épi est visible dans le blé, dès le dix-huitième jour qui suit le semis. La formation, sur le bourgeon terminal, des bourrelets latéraux qui constitueront les futurs épillets a lieu du trentième au cinquantième jour chez *Triticum* et *Hordeum*, selon les années et les variétés; toutes les pièces des épillets (glumes, glumelles, etc.) atteignent leur forme et leur taille définitives, de cinquante à quatre-vingt-dix jours après les semailles. La formation de l'inflorescence des céréales est donc extrêmement précoce, et cette constatation présente une grande importance pratique.

II. La rapidité du développement de l'épi, comme ses dimensions, sont

(¹) Séance du 4 juillet 1932.

(²) Radoeff, *Recherches sur la stimulation de la croissance* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1527).

profondément influencées par l'espèce et la variété, ainsi qu'en témoignent les quelques chiffres suivants, pris dans l'ensemble des observations (Tableau I).

TABLEAU I. — *Développement des inflorescences en millimètres.*

Âge de la plante.	*Triticum vulgare* H. Var. n° 386 précoce.	*Triticum vulgare* H. Var. n° 353 tardive.	*Triticum durum* Desf. Var. n° 250.	*Hordeum tetrastichum* K. Var. n° 3.	*Avena algeriensis* T. Var. n° 238.
37 jours	0,6	0,3	0,3	0,5	0,2
51 »	2,2	1,1	0,7	1,9	0,4
65 »	3,5	2	1,2	2,5	0,4
79 »	8	3	2,4	3,6	0,6
93 »	28	3,5	2,4	4,3	0,75
107 »	108	6,4	4,5	5,1	1,5
121 »	115	10	11	41	4,6
135 »	118	–	28	110	10
149 »	–	–	75	115	250
163 »	–	193	89	–	380
177 »	–	200	–	–	425

L'allure de la croissance de l'inflorescence est régulière, progressive, et rapide chez les races hâtives de *Triticum vulgare* H.; elle est d'abord très lente et ne se déclenche qu'après le quatrième mois dans les types tardifs de la même espèce; *Triticum durum* Desf., toujours tardif, présente le même mode de développement que ces derniers, et *Hordeum tetrastichum* K., bien que très précoce, affecte le même comportement, encore exagéré dans *Avena*.

TABLEAU II. — *Développement comparé des plantes et des épis de* Tr. durum.

Âge.	Hauteur de la plante (en cm). Témoin.	Hauteur de la plante (en cm). Engrais complet.	Hauteur de la plante (en cm). Fumier.	Longueur de l'épi (en mm). Témoin.	Longueur de l'épi (en mm). Engrais complet.	Longueur de l'épi (en mm). Fumier.
18 jours	18	18	10	–	–	–
27 »	24,5	22,8	25	0,38	0,32	0,30
44 »	29,8	27	29,5	0,54	0,46	0,60
69 »	37,2	35	36,5	1,05	1,4	1,10
90 »	43,7	59,2	83,3	1,85	11	16
118 »	65	96	107,6	33	145	163
132 »	70	111	135	52	165	170
146 »	79	125	147	135	180	200
153 »	122	129	157	182	231	240

III. L'influence de la fumure n'a pas été immédiate et s'est exercée

parallèlement sur la plante et son inflorescence, mais elle a été plus rapide sur cette dernière; celle des engrais organiques s'est montrée plus précoce et plus profonde que celle des engrais minéraux; sur *Triticum vulgare* H., les éléments les plus efficaces ont été la potasse, puis l'azote dans le terreau, et l'azote puis la potasse dans le sable; la croissance de l'épi de *Triticum durum* Desf. a été surtout favorisée, dans le sable, par la chaux, puis par l'azote, et le moins par la potasse.

IV. D'autre part, si les stimulants employés ont montré une certaine influence sur la germination et la vigueur des plantes entières, ils n'en ont manifesté qu'une très faible ou insignifiante sur la croissance de l'inflorescence.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'effet et la loi de Mach.* Note de M. **B. Demetrović**, présentée par M. M. de Broglie.

Le phénomène de Mach et la loi qu'il en a déduite sont presque inconnus des physiciens; cependant les phénomènes où cet effet apparaît peuvent être observés presque partout où il existe un flux lumineux. C'est un fait bien connu qu'une frange très lumineuse apparaît à la séparation de la pénombre et de la pleine lumière. L'existence de cette frange constitue l'effet de Mach tel que Mach (E. Mach, *Sitzungsber. Akad. Wien, Math.-Nat. Klasse*, 2 Abt. 52, 54 et 57, 1865-1868) l'a défini et étudié. Un examen attentif montre aussi qu'entre l'ombre géométrique et la pénombre il existe une deuxième frange très étroite, plus sombre que l'ombre même. L'existence de ces deux franges, et des autres franges obtenues dans différentes conditions expérimentales et fournissant une répartition semblable de l'intensité lumineuse, provient, d'après Mach, d'un phénomène rétinien provoqué par un changement brusque dans la variation de l'intensité lumineuse d'une surface éclairée. De la constatation de ces phénomènes, Mach tire la loi suivante : « Partout où la courbe d'intensité lumineuse d'une surface éclairée présente un coude concave ou convexe vers l'axe des abscisses cet endroit paraît plus clair ou plus obscur que ses alentours. »

Il est bien évident qu'il faut dans le cas de franges lumineuses au bord d'une pénombre, penser tout d'abord à un phénomène de diffraction, compliqué par la largeur de la source; les physiciens qui ont étudié ces phénomènes, en les rapportant à la loi de Mach, n'ont pas fait intervenir l'influence de la diffraction sur l'aspect de la pénombre. Ayant abouti à la suite de ses

expériences, à la nécessité d'étudier cette influence, Wolfers (¹) entreprit une recherche quantitative sur l'influence de la largeur de source; il trouva que le premier maximum, même avec les sources très larges reste assez fortement accusé, tandis que les autres sont très estompés. Ainsi d'après cette recherche la frange lumineuse à la limite de la pénombre n'est que la frange de diffraction correspondant au premier maximum. Mais, quoique la frange apparaisse très lumineuse, le microphotomètre l'enregistre comme très faible. A vrai dire, les conditions n'étaient pas très favorables pour un enregistrement rigoureusement proportionnel à l'intensité du noircissement, cependant l'effet ainsi décelé se manifeste beaucoup plus faible qu'il n'apparaît à l'œil, et les défauts de proportionnalité de l'enregistrement ne suffisent pas, semble-t-il, à expliquer la différence.

On peut se demander s'il n'est pas possible de trouver dans les autres cas où apparaît l'effet Mach un effet physique agissant dans le même sens et se superposant. Il existe dans le domaine des rayons X certains effets qu'on peut expliquer comme provenant de la réflexion de la réfraction de ces rayons. Walter (²) a essayé d'expliquer plusieurs de ces effets en appliquant seulement la loi de Mach. Nous avons déjà montré comment on peut expliquer la frange noire bordant l'ombre d'un écran radiographié, en supposant qu'il existe pour les rayons X comme pour la lumière un angle limite de réflexion régulière (³). Par des considérations analogues d'optique géométrique en étudiant les effets obtenus par radiographie d'écrans qui présentent des surfaces convexes ou concaves ou des arêtes, nous sommes arrivé à la conclusion suivante : partout où l'on obtient avec les rayons X un de ces effets que Walter attribue seulement à l'effet de Mach, les lois de l'optique géométrique conduisent à admettre l'existence d'un effet de même sens que celui de Mach.

Nous avons également pu, en faisant varier l'intensité relative de la pénombre par l'augmentation de la distance entre un écran et un film radiographique, distinguer une frange noire à la limite de la pleine lumière et de la pénombre; cette frange serait due à la diffraction par le bord et correspond à ce qu'on peut attendre, étant donnée la largeur de source.

La grande visibilité de ces effets, la possibilité de leur trouver des expli-

---

(¹) F. Wolfers, *Journ. de Phys.*, 6, 1925, p. 305.

(²) B. Walter, *Fortschritte a. d. Geb. d. Roentgenstr.*, 25, 1917, p. 88; 27, 1918, p. 171 et 45, 1932, p. 450.

(³) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 699.

cations physiques et le fait qu'ils se manifestent très faiblement à l'examen microphotométrique nous conduisent à compléter la loi de Mach pour la mettre en accord meilleur avec les mesures microphotométriques et les lois physiques : si, aux conditions exigées pour que le phénomène rétinien ait lieu, se superpose un effet physique même très faible mais de même sens que l'effet Mach, l'effet physique augmente l'intensité de l'effet physiologique et par l'intermédiaire de ce dernier devient très visible.

Cette association est aussi suggérée par les recherches de Walter sur l'influence de la solarisation sur la visibilité de l'effet Mach, recherches entreprises après la constatation microphotométrique d'un faible noircissement à l'endroit où l'on observe la frange noire.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'action hyperglycémiante du sulfate d'hordénine.* Note de M. G. **Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

Adrénaline, éphédrine et hordénine (toutes deux isomères) sont les types classiques des substances sympathomimétiques : à une évidente parenté chimique correspond une parenté des propriétés physiologiques, toutes trois par exemple provoquant l'hypertension et la vasoconstriction du système artériel. Mais tandis que le pouvoir hyperglycémiant de l'adrénaline et celui de l'éphédrine sont bien connus, aucune recherche, à notre connaissance, n'a été faite sur l'action exercée par l'hordénine sur la glycémie. Cette action est très nette, ainsi que le montrent les expériences suivantes :

I. Expérience sur le Lapin. — *Voie intraveineuse.* — A douze lapins, groupés en quatre séries, on a injecté dans la veine marginale de l'oreille les doses suivantes de sulfate d'hordénine : $0^g,25$ par kilogramme (dose subtoxique), $0^g,15$, $0^g,05$ et $0^g,01$. L'augmentation de la glycémie, mesurée pendant 7 heures, a été respectivement de 74,2 pour 100, de 36,3 pour 100, de 22,6 pour 100 et de 14,7 pour 100, l'hyperglycémie atteignant son maximum au bout de la première heure et décroissant ensuite lentement.

Voie sous-cutanée. — L'augmentation de la glycémie est manifeste, mais moins élevée que par voie intra-veineuse, atteignant par exemple 17,9 pour 100 pour la dose de $0^g,15$ sulfate d'hordénine par kilogramme.

II. Expériences sur le chien. — *Voie intraveineuse.* — Injecté dans la saphène aux doses de $0^g,15$, $0^g,05$ et $0^g,01$ par kilogramme, le sulfate d'hordénine a amené des augmentations de glycémie, au cours de la première heure, de 58,3, de 41,2 et de 7,9 pour 100. La dose de $0^g,15$ par kilogramme a amené, en même temps, une très légère glycosurie : $0^g,30$ glucose pour l'urine de 24 heures.

Voie sous-cutanée. — L'augmentation de la glycémie, pour un chien à 0g,15 sulfate d'hordénine par kilogramme a été de 37,5 pour 100.

III. Cette action hyperglycémiante semble due à une décharge d'adrénaline provoquée par l'injection d'hordénine : on la supprime par l'ablation des surrénales. Deux chiens de même poids subissent une double surrénalectomie : l'un sert de témoin; l'autre, après ablation de la seconde surrénale, reçoit une injection intraveineuse de 0g,15 sulfate d'hordénine par kilogramme. Chez ces deux chiens surrénalectomisés, la baisse de glycémie, mesurée pendant 7 heures, est parallèle et comparable.

Ce mécanisme est du reste indépendant de celui qui préside à l'augmentation de la pression. En effet, si l'on décapsule un chien et qu'on lui injecte, à plusieurs reprises, 2mg sulfate d'hordénine par kilogramme, il montre chaque fois une élévation notable de la pression sanguine, de même ordre de celle qu'il présentait avant surrénalectomie, l'hordénine ayant par conséquent aux faibles concentrations une action vaso-constrictive directe sur le système vasculaire.

IV. L'hordénine, par ses propriétés, se range dans la classe des sympathomimétiques vrais. Son action hypertensive (2mg par kilogramme) est en effet inversée par l'injection préalable d'yohimbine (0mg,5 par kilogramme). L'yohimbine, en même temps, supprime totalement l'action hyperglycémiante de l'hordénine, les deux alcaloïdes ayant été expérimentés aux doses de 0mg,5 par kilogramme pour le premier, et de 0g,15 par kilogramme pour le second.

Par contre, l'inversion de l'effet hypertenseur ne se produit pratiquement pas avec l'ergotamine, du moins aux doses de 0mg,1 ergotamine par kilogramme qui inversent l'effet de l'adrénaline, et l'hypertension hordénique garde alors toute sa valeur. Ce n'est que pour des doses élevées et dangereuses de 1mg à 1mg,5 d'ergotamine par kilogramme qu'on peut constater, non pas un effet dépresseur de l'hordénine, mais la stabilisation de la pression, l'allure générale des tracés prenant l'aspect d'une ligne droite. On sait pareillement que dans le cas de l'éphédrine l'ergotamine peut provoquer la disparition de l'effet vasoconstricteur de l'amine, mais ne l'inverse pas : l'hordénine, dans le cas présent, se rapproche donc plus de l'éphédrine que de l'adrénaline. Parallèlement à l'yohimbine, l'hyperglycémie provoquée par l'hordénine (0g,15 par kilogramme) est diminuée fortement par l'ergotamine (0mg,1 par kilogramme) : elle n'est transitoire et modérée que pendant la première heure qui suit l'injection d'hordénine.

Comme avec les autres sympathomimétiques, l'action hypertensive de

l'hordénine (2mg par kilogramme) est sinon augmentée, du moins nettement prolongée par l'injection préalable de cocaïne (1mg,5 par kilogramme) : la durée de la phase d'hypertension est ainsi doublée, le retour à la pression normale se faisant en lysis.

En résumé, l'hordénine, à doses suffisantes, possède l'action hyperglycémiante des substances sympathomimétiques vraies (adrénaline, éphédrine). Il est intéressant de constater que la substance végétale où E. Léger l'a découverte, l'orge germée, contient à la fois un principe hypoglycémiant dont l'existence a été mise récemment en évidence [1], et un alcaloïde hyperglycémiant dont l'action est établie par les précédentes recherches.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Analyse expérimentale de la disparition du pouvoir de régénération d'une tête dans la région moyenne du corps, chez les Lombriciens.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Caullery.

Chez les Lombriciens, le pouvoir de régénérer une tête s'affaiblit progressivement à partir du 5e segment, et devient exceptionnel du 15e au 25e ou 30e. L'amputation des 25 ou 30 premiers segments n'est en général suivie d'aucune régénération. A un niveau plus postérieur encore, apparaît le pouvoir de régénérer antérieurement, avec un pourcentage restreint, non plus une tête, mais une queue hétéromorphe. J'ai entrepris l'étude expérimentale de cette disparition du pouvoir de régénérer la tête dans la région moyenne du corps (que j'appellerai, pour abréger, région neutre).

1° J'ai montré précédemment (*Comptes rendus*, 194, p. 2334) qu'on pouvait obtenir la régénération d'une tête dans la région neutre, en y transplantant le tégument dorsal ou, mieux encore, le tégument ventral des segments céphaliques. Dans ce dernier cas, les têtes régénérées peuvent être entièrement normales, et toutes leurs parties sont bien raccordées aux organes correspondants de la région neutre. Ces expériences, et d'autres analogues, qui seront publiées dans un Mémoire complet, permettent de conclure qu'aucun organe de la région neutre n'exerce d'action inhibitrice sur la régénération d'une tête, et que l'absence de régénération d'une tête après simple amputation aux niveaux moyens du corps est due à une perte réelle du pouvoir régénérateur.

---

(1) J. Boucher, E. Donard et H. Labbé, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1298 et 1299.

2° Si l'on enlève, dans la zone neutre, une portion importante du tégument, ou de la chaîne nerveuse, les parties ainsi enlevées se régénèrent parfaitement. Les tissus de cette région sont ainsi capables de fournir une masse de tissus nouveaux aussi importante que celle qui serait nécessaire pour la régénération d'une tête. Le pouvoir de prolifération est donc présent dans la région neutre, et la perte du pouvoir de régénérer une tête dans cette région semble ainsi, par exclusion, devoir être rapportée à une perte du pouvoir organisateur.

J'ai pu apporter une preuve expérimentale directe de cette conception. J'ai établi, dès 1930 (*Comptes rendus*, 191, p. 78), qu'on provoquait à volonté la poussée de têtes surnuméraires dans la région céphalique en déviant la chaîne nerveuse ventrale dans une fenêtre pratiquée dans la paroi du corps. Depuis 1930, j'ai utilisé cette technique pour explorer le pouvoir régénérateur du tégument aux différents niveaux du corps. J'ai pu ainsi obtenir d'une manière pratiquement constante des têtes surnuméraires, de structure normale, du 5ᵉ au 15ᵉ segment. Plus postérieurement l'apparition de têtes surnuméraires devient rare. Elle ne se produit plus à partir du 20ᵉ ou 25ᵉ segment. La déviation nerveuse, dans la région neutre, ne produit au maximum qu'une légère prolifération, sans trace d'organisation en une tête.

Pour une même région du tégument, la prolifération obtenue paraît d'autant plus grande que la chaîne nerveuse engagée dans la fenêtre tégumentaire appartient à un niveau plus antérieur. Cette particularité m'a conduit à effectuer l'expérience suivante, sur *Eisenia fœtida*. Dans une première opération, j'enlève à l'animal les segments 11 à 32, puis je soude entre eux les fragments restants. On passe donc brusquement, chez les sujets ainsi raccourcis, du 10ᵉ au 33ᵉ segment. Après guérison complète, je dévie la chaîne nerveuse de manière que son extrémité correspondant au 4ᵉ segment se trouve engagée dans une fenêtre pratiquée latéralement au niveau des segments 34 à 36. Les deux opérations ont été bien réussies sur 12 sujets. Chez 3 d'entre eux, aucune prolifération ne s'est produite. Chez les 9 autres, et surtout chez 7 d'entre eux, il est apparu au point de déviation de la chaîne nerveuse, donc, dans la région neutre, un bourgeon de prolifération de taille notable, nettement supérieure à celle des plus petits bourgeons analogues qui se différencient toujours en tête dans la région céphalique; mais ce bourgeon ne s'est jamais organisé. La région neutre est donc dépourvue du pouvoir d'organiser une tête.

3° *a*. J'ai remplacé, comme il a été fait allusion au début de cette

Note, dans la région neutre, le tégument dorsal ou le tégument ventral par le tégument homologue de la région céphalique; *b*. inversement, dans la tête, j'ai remplacé la partie dorsale ou la partie ventrale du tégument par le tégument homologue de la région neutre. Dans tous ces cas, et d'une manière constante pour les expériences (*b*), après ablation de la région antérieure au niveau des greffons, il s'est développé des régénérats de tête bien constitués, s'insérant à la fois sur le tégument céphalique et sur le tégument de la région neutre, paraissant ainsi formés en partie aux dépens de matériaux fournis par le tégument de la région neutre. Ce dernier seul étant incapable de donner naissance à une tête, mais non de proliférer, les expériences précédentes semblent indiquer, que les tissus indifférenciés provenant de la prolifération du tégument de la région neutre peuvent se différencier en tête, sous l'influence organisatrice de tégument céphalique. Toutefois, cette dernière notion est encore problématique, et ne pourra être considérée comme établie qu'après de nouvelles expériences.

En résumé, l'absence de régénération d'une tête sur la section antérieure après amputation dans la région moyenne du corps, chez les Lombriciens, est due à une perte réelle du pouvoir régénérateur dans cette région, et, plus précisément, à une disparition du pouvoir organisateur, le pouvoir de prolifération cellulaire étant encore notable. Les tissus indifférenciés formés, dans certaines conditions, aux dépens de cette région, semblent pouvoir s'agencer en une tête sous l'influence d'un organisateur convenable (tégument céphalique).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Études physico-chimiques sur les filtrats de bacilles acidorésistants de la tuberculose et de la fléole.* Note ([1]) de MM. **A. Machebœuf**, **G. Sandor** et **C. Nini**, présentée par M. A. Calmette.

Nous sommes partis de bacilles de Koch (souche bovine) et de bacilles de la fléole dont les cultures furent effectuées sur milieu de Sauton. Nous avons filtré les cultures sur papier sans stérilisation préalable, puis nous avons repris les bacilles par une solution de chlorure de sodium isotonique ou hypertonique suivant les cas. Les bacilles bien émulsionnés étaient maintenus à la glacière pendant plusieurs jours; au bout de ce temps nous avons filtré d'abord sur papier, puis ensuite sur bougie de porcelaine.

([1]) Séance du 11 juillet 1932.

1° *Protéides.* — Les filtrats étaient limpides, incolores ou légèrement teintés en jaune. Ils contenaient dans le cas du bacille de Koch comme dans celui du bacille de la fléole, de très faibles quantités de protéides précipitant par l'acide acétique. La réaction d'Adamkiewitz était positive, la réaction du biuret était faiblement positive. Si les bacilles avaient été émulsionnés dans une solution saline hypertonique (5 pour 100), les filtrats étaient un peu plus riches en protéides que lorsque l'émulsion avait été faite dans une solution saline isotonique (0,9 pour 100). La réaction d'Adamkiewitz donne la même teinte que pour un sérum de Cheval dilué au centième, ce qui correspond à une teneur en protéides voisine de 0,5 à 0,8 pour 1000.

2° *Extrait lipoïdique des filtrats.* — Pour obtenir cet extrait, nous avons ajouté, à un volume du filtrat, quatre volumes d'alcool à 96° et nous avons maintenu le mélange à l'ébullition pendant une heure. Lors de l'addition de l'alcool, le filtrat devient opalescent, mais ce n'est que très lentement que quelques flocons de coagulum se séparent pendant le chauffage. Après l'ébullition, nous avons filtré les solutions sur des filtres en verre poreux tarés et nous avons lavé le coagulum à plusieurs reprises à l'alcool bouillant puis à l'éther. Les solutions alcooliques et éthérées furent ajoutées au filtrat. Le coagulum fut lavé à l'eau bouillante puis désséché à l'étuve à 105° jusqu'à poids constant. Ce coagulum est constitué par l'ensemble des substances alcoolo-coagulables (protéides et éventuellement polyholosides). Voici les résultats de quelques déterminations :

Bacilles de la fléole (émulsionnés en ClNa à 9 pour 1000)..........	0,4 pour 1000
Bacilles de la fléole (émulsionnés en ClNa à 50 pour 1000).........	0,5 »
Bacilles de Koch (émulsionnés en ClNa à 50 pour 1000)...........	0,7 »

Les teneurs en coagulum ainsi obtenues sont bien d'accord avec les teneurs en protéides grossièrement estimées d'après la réaction d'Adamkiewitz, il ne semble donc pas qu'il y ait des quantités appréciables de polyholosides dans les coagulums pesés.

Les filtrats et les solutions alcoolo-éthérées de lavage contiennent l'extrait lipoïdique. Après évaporation par distillation dans le vide à basse température, le résidu fut repris par l'éther. Sur une partie aliquote de la solution éthérée filtrée, on a déterminé la valeur antigène *in vitro* (déviation du complément). La presque totalité du pouvoir antigène *in vitro* du filtrat bacillaire étudié se trouvait dans la solution éthérée; c'est donc sur cet extrait que nous avons fait porter la suite de notre étude.

Les solutions éthérées furent évaporées à basse température et le résidu

fut maintenu dans le vide sulfurique jusqu'à poids constant. Voici quelques résultats quantitatifs à ce sujet :

Filtrats de bacilles de la fléole : L'extrait éthéré total varie de $0^g,2$ à $0^g,6$ par litre de filtrat.

Filtrats de bacilles de Koch : L'extrait éthéré total varie de $0^g,5$ à $0^g,7$ par litre de filtrat.

Il est intéressant de remarquer que cet extrait éthéré bien desséché ne se dissout plus que partiellement dans l'éther anhydre; il reste un abondant résidu insoluble dans l'éther, formé de gouttelettes incolores, transparentes qui se dissolvent par contre instantanément dans l'alcool à 96° et *c'est dans cette solution alcoolique que se retrouve intégralement la propriété antigénique*, tandis que la fraction éthéro-soluble ne présente pas de pouvoir antigène *in vitro*.

Pour savoir si les substances douées du pouvoir antigénique n'étaient pas des substances hydrosolubles entraînées en solution dans l'éther au cours de la première reprise par ce solvant, alors que la déshydratation des résidus n'était pas encore rigoureuse, nous avons opéré de la façon suivante :

Nous avons repris l'extrait éthéré primitif bien déshydraté, successivement par de l'éther anhydre, par de l'eau, puis par de l'alcool.

L'éther dissout de petites quantités de substances, l'eau dissout la majeure partie du résidu, mais il reste une fraction insoluble dans l'éther et dans l'eau qui se dissout dans l'alcool et c'est cette fraction qui possède le pouvoir antigénique. Voici quelques résultats quantitatifs.

Filtrat de bacilles de Koch.

	Poids des divers extraits.	Pouvoir antigène.
	mg	
Extrait primitif............	29	
Fraction soluble dans l'éther.	2,5	0
Fraction soluble dans l'eau...	19	0
Fraction soluble dans l'alcool.	7	++

Ces recherches doivent être reprises sur de plus grandes quantités de substances, mais nous pouvons déjà noter quelques faits intéressants :

La solution éthérée de l'extrait lipoïdique total de filtrats de bacilles acidorésistants donne par évaporation un résidu qui, après déshydratation complète n'est que partiellement soluble dans l'éther anhydre. L'eau dissout une partie du résidu insoluble dans l'éther, mais il reste une fraction insoluble dans l'éther et dans l'eau qui se dissout bien dans l'alcool. *Cette fraction alcoolosoluble est peu abondante, mais c'est elle qui possède le pouvoir antigène* in vitro *que présentait le filtrat bacillaire.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La lipase α et l'amylase dans le sang de quelques Crustacés.* Note (¹) de Mme **Z. Gruzewska**, présentée par M. L. Mangin.

Le travail de Sellier, en 1902, nous donne quelques indications sur le pouvoir lipasique du sang des Crustacés. Ce pouvoir est exprimé en millioniėmes de molécule d'acide butyrique libéré. Ainsi, l'activité lipasique du sang de la Langouste (30′ à 25°) est représentée par 7,5, celle de *Maia squinado* par 12, et celle de *Carcinus mænas* par 9.

Nous avons eu l'occasion d'étudier à Saint-Servan, en août et en septembre, l'activité lipasique du sérum, en fonction du temps, chez les mêmes Crustacés.

Technique. — Le sang est prélevé stérilement, on élimine les éléments figurés (*Maia sq.*, *Carcinus m.* et *Cancer pagurus*), ou l'on défibrine et centrifuge le coagulum (Langouste, Homard). 1^{cm^3} de plasma ou de sérum est maintenu à 41° ou à 37°, en présence de monobutyrine (à 1/300), ou de monoacétine (à 1 pour 100), un temps donné. La concentration ionique du sang des Crustacés est parfois assez élevée. Ainsi, le pH du sérum de la Langouste royale est 8,4, celui des autres espèces varie entre 7,6 et 7,8. Domboviceanu signale des valeurs analogues pour le sang de l'*Astacus fluviatilis*. Nos liquides de saponification sont amenés préalablement au pH 7, en présence du Rouge de phénol. Le temps d'action du sérum (à 37° ou 41°) sur les éthers gras et courts (10′) pour une lipase active, comme celle de la Langouste, et plus prolongé (15′) pour la lipase moins active des autres espèces. On titre l'acide mis en liberté chaque 10 minutes ou chaque 15 minutes pendant 1 heure et demie ou 2 heures. Nous avons employé pour le dosage des acides CO^3Na^2 N/25, et le pouvoir lipasique du sérum est exprimé en pour 100 d'éther gras décomposé.

Ces recherches ont été effectuées avant que nous ayons étudié l'adsorption des acides gras par les protéines sériques (²). Il n'y a donc pas de tables de correction pour nos résultats numériques qui doivent être trop bas. Selon toute probabilité, en nous basant sur nos recherches effectuées sur le sérum de cheval, les chiffres que nous donnons ici, devraient être majorés environ de 10 pour 100. Voici, à titre d'exemple, quelques résultats :

1° *La Langouste.* — Les chiffres représentent les proportions des éthers gras, décomposés à 41°, chaque 10 minutes, en partant de 30 minutes.

(¹) Séance du 11 juillet 1932.

(²) Mme Gruzewska et G. Roussel, *Le dosage des acides gras dans les liquides de saponification, en présence des éthers gras et du sérum sanguin. C. R. des séances de la Société de Biologie*, **109**, 20 février 1932, p. 523.

Monobutyrine : 8,28; 11,41; 13,80, 14,53; 16,37; 18,41.

Monoacétine : 2,81 ; 3,41; 4,13; 4,70; 4,83; 5,21

2° *Carcinus mænas*. — Les proportions des éthers gras décomposés à 41°. Titrage des acides gras chaque 15 minutes pendant 2 heures.

Monobutyrine : 3,4; 5,98; 7,35; 9,20; 10,77; 11,04; 11,04.

Monoacétine : 0,76; 1,31; 2,19; 2,19; 2,46; 2,31.

3° *Maia squinado*. — Monobutyrine : 2,28; 5,05; 6,69, 8,74; 9,94; 10,48.

Monoacétine : 1,31, 1,64; 2,28; 2,70; 2,96; 2,96; 3,18.

4° Le sang de Homard ne possède aucun pouvoir lipasique. Dans un seul cas (individu femelle), nous avons obtenu la formation de traces d'acide après 1 heure et demie de contact à 37°.

5° Le sang de Tourteau nous a donné un résultat analogue. Une seule fois, après 24 heures de séjour à 41°, nous avons trouvé une certaine quantité d'acide dans notre liquide de saponification. Le sérum et le plasma bouillis, de tous ces Crustacés, n'ont aucune action sur les éthers gras.

L'amylase. — Nous avons recherché aussi la présence de l'amylase et du sucre libre dans le sérum de ces Crustacés. Voici les résultats :

a. Pas de substances réductrices dans le sang des cinq espèces que nous avons étudiées.

b. Tous les plasmas et tous les sérums contiennent une amylase plus ou moins active. Ainsi, le plasma de *Maia* (1^{cm^3}), mis en contact à 37° avec 10^{cm^3} d'une solution d'empois d'amidon de riz à 1,05 pour 100, a transformé environ 21,2 (exprimé en glucose) pour 100 d'amidon en 20 heures. Celui de *Tourteau*, dans les mêmes conditions, n'en a hydrolysé (en 24 heures) que 17,77 pour 100.

Conclusions. — 1° La lipase α a été mise en évidence (août et septembre) dans le sérum de la Langouste, dans le plasma de *Carcinus mænas*, et dans celui de *Maia*. A la même époque, ce ferment manque presque totalement dans le sang de Homard et dans celui de Tourteau. Cette absence de ferment saponifiant est peut-être en rapport avec les changements de la composition du sang des Crustacés, pendant l'époque de la mue.

2° Les courbes d'activité lipasique, en fonction du temps, sont caractéristiques pour chaque espèce. La lipase α du sérum de la Langouste est la plus active.

3° Le rapport du pouvoir lipasique du sérum des Crustacés sur les éthers gras, butyrique et acétique, par rapport à leur poids moléculaire, se rap-

proche sensiblement de l'unité. Tandis que ce rapport, pour le sérum de cheval, est représenté en moyenne par 1,9.

4° La liqueur de Fehling ne fait apparaître aucune réduction avec le sérum et le plasma des Crustacés cités plus haut.

5° Nous avons constaté la présence de l'amylase dans tous les sérums et dans tous les plasmas que nous avons étudiés.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Fixation de l'eau par la cellulose.* Note de M. G. **Champetier**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude de l'absorption de l'eau par la cellulose a déjà fait l'objet d'un nombre important de travaux, mais les opinions les plus diverses ont été émises au sujet du mode de fixation de l'eau dans cette réaction ([1]).

Certains auteurs ne voient dans le gonflement de la cellulose par l'eau qu'un phénomène physique d'adsorption d'eau à la surface des micelles de cellulose ([2]), alors que d'autres considèrent qu'il s'agit d'un phénomène d'ordre chimique résultant d'une véritable hydratation de la cellulose ([3]).

En fait, les résultats obtenus jusqu'alors ne permettent pas de discriminer d'une manière certaine entre les deux modes de fixation. C'est pour cela qu'il nous a paru intéressant de reprendre l'étude de la fixation de l'eau par la cellulose en utilisant une méthode physico-chimique qui a déjà donné des résultats indiscutables dans l'étude des systèmes chimiques minéraux : en l'occurence, la *méthode des restes* de Schreinemakers modifiée convenablement pour l'adapter au cas envisagé.

La méthode consiste à étudier le système ternaire formé par la cellulose, l'eau et un corps ne se combinant pas à la cellulose. Le choix de ce dernier corps est cependant assez délicat. Les conditions suivantes doivent en effet être requises : le corps employé ne doit pas donner de combinaisons d'addition ou de substitution avec la cellulose, même en très faible quantité; il ne doit pas déterminer d'hydrolyse de la cellulose; enfin il doit être dosable

---

([1]) G. Schwalbe, *Zeit. angew. Chem.*, 21, 1908, p. 400 et 1321 ; W. A. Davies et J. V. Eyre, *Proc. Roy. Soc.* (A), 104, 1923, p. 512; A. R. Urquhart et A. M. Williams, *J. Text. Inst.*, 15, 1924, p. 138, 433, 559 et 16, 1925, p. 155.

([2]) J. R. Katz, *Proc. Amst.*, 27, 1924, p. 505.

([3]) S. E. Sheppard et P. T. Newsome, *Jour. of Phys. Chem.*, (I), 34, 1930, p. 1158.

facilement avec précision, ceci afin d'éviter d'accumuler les erreurs expérimentales sur l'eau qui ne peut être dosée que par différence. Ces conditions sont satisfaites par l'hyposulfite de sodium qui peut être dosé volumétriquement d'une manière très précise dans les plus larges limites de concentration.

La technique opératoire est la même que celle qui a été décrite dans une Note précédente, lors de l'étude des alcalicelluloses [1] : la cellulose imprégnée de la solution d'hyposulfite de sodium est soumise à un essorage progressif et diverses prises d'essai effectuées en cours d'essorage sont analysées. Pour un même poids de cellulose, la variation de la quantité d'eau contenue dans les prises d'essai est représentée par une droite. Les droites relatives à des concentrations différentes d'hyposulfite de sodium se coupent en un même point qui correspondrait à l'analyse de prises d'essai qui, par suite d'un essorage limite, ne contiendraient plus de la solution mère d'hyposulfite de sodium. Les valeurs des coordonnées du point de rencontre des droites relatives aux diverses concentrations des solutions d'hyposulfite de sodium montrent que, d'une part, l'hyposulfite de sodium ne se fixe pas sur la cellulose mais que, d'autre part, la cellulose fixe une certaine quantité d'eau.

La quantité d'eau fixée par la cellulose native (linters de coton ou ramie) correspond sensiblement à $0^{mol},5$ d'eau par groupe hexose $C^6H^{10}O^5$; pour la cellulose mercerisée, la quantité d'eau fixée est deux fois plus grande et sensiblement égale à 1^{mol} d'eau par groupe hexose.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Nature de la cellulose.	Concentration de la solution d'hyposulfite de sodium en gr du sel hydraté par litre.	Molécules d'eau fixées par 1 $C^6H^{10}O^5$.
Linters de coton natifs	125	0,55
	250	0,56
	500	0,45
Ramie native	400	0,46
Linters de coton mercerisés par Na OH 15 %	125	1,13
	250	0,96
	400	0,95
Linters de coton mercerisés par Na OH 23 %	125	0,98
» Na OH 34 %	125	1,24
» Na OH 40 %	250	1,12
Ramie mercerisée par Na OH 15 %	200	1,08

(1) G. Champetier, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1593.

Des résultats concordants ont été également obtenus en étudiant le système cellulose-eau-pyridine :

Nature de la cellulose.	Concentration de la solution de pyridine en gr par litre.	Molécules d'eau fixées par $1\,C^6H^{10}O^5$.
Linters de coton natifs	600	0,42
	700	0,49
Linters de coton mercerisés par NaOH 16 %	500	1,30
	700	1,0

L'existence de rapports stoechiométriques simples entre la cellulose et l'eau fixée conduit à envisager l'existence de deux hydrates de cellulose répondant aux formules suivantes $2C^6H^{10}O^5.H^2O$ pour la cellulose ordinaire et $C^6H^{10}O^5.H^2O$ pour la cellulose mercerisée.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence des électrolytes, en particulier du chlorure de sodium, sur les protéides sériques.* Note de MM. **Maurice Piettre et André Guilbert**, présentée par M. Achard.

Dans des travaux antérieurs, l'un de nous [1], étudiant les électrolytes fortement dissociables, acides et bases, en solution étendue, sur les protéides isolées du sérum par la *méthode à l'acétone*, et plus particulièrement sur la sérum-albumine, a montré notamment que la courbe d'ionisation de HCl, dans la zone des pH comprise entre $pH = 2$ et $pH = 3$, n'est nullement modifiée par la présence de cette substance protéique à 1 pour 100, contrairement aux travaux de J. Loeb. Puis il a établi [1] que, pour des concentrations en $HCl > N/500$, il se produit un brusque décalage de $pH = 3$ à $pH = 5,1$ explicable par des phénomènes d'adsorption confirmés d'autre part par la méthode colorimétrique.

Nous nous sommes proposé d'examiner l'action sur les protéides sériques des électrolytes peu dissociables et plus spécialement dans cette première Note, du chlorure de sodium. Ce sel, en solution de concentration moyenne, comme d'ailleurs les autres sels alcalins ou alcalino-terreux à cations de

(1) Maurice Piettre, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1657, et 192, 1931, p. 894.

différentes valences, possède la curieuse propriété de disperser activement la *myxoprotéine*. Encore humide, ou après dessiccation sur vide sulfurique, cette substance protéique se gonfle au contact des sels neutres, devient transparente puis se disperse en donnant des liqueurs à peine opalescentes. Il nous a paru intéressant d'étudier avec la technique physique, cette action, jusque-là inexpliquée, du chlorure de sodium sur la myxoprotéine.

L'étude de la *conductibilité électrique* de différentes concentrations de NaCl en présence des protéides sériques, nous a semblé devoir apporter des indications notamment sur l'existence possible de phénomènes d'adsorption.

I. A la méthode de Kohlrausch, avec laquelle il est toujours difficile de tenir compte de l'influence de la capacité des électrodes, nous avons préféré, sur les indications de M. Darmois, la *mesure directe des conductibilités, en courant continu*, par *la méthode de Lippmann ou d'opposition*, en utilisant comme dérivation des électrodes au calomel.

Le tube classique utilisé dans cette méthode a été réduit, afin d'opérer sur des volumes d'électrolytes d'environ 16^{cm^3}. Les électrodes au calomel remplies de solution saturée de chlorure de potassium ont été légèrement modifiées, pour mettre les robinets à l'abri des sels rampants. Notre attention a surtout été portée sur les contacts électrodes au calomel et solutions à étudier, afin d'éviter toute trace de diffusion. Au dispositif employé en pareil cas, consistant en un tube intermédiaire en U rempli d'une solution saturée de chlorure de potassium immobilisé par un gel de gélatine ou mieux d'Agar-Agar, nous avons substitué une *petite ampoule terminée à ses deux extrémités par des prolongements capillaires*. Ces ampoules, remplies par le procédé habituel, sont préparées à l'avance et se conservent très longtemps; il suffit de couper, à la lime, les deux pointes au moment de s'en servir.

Cette technique, mise au point par l'un de nous avec la collaboration de M. Morsier, diminue très fortement la surface de contact avec la solution étudiée et par cela même réduit la diffusion. Celle-ci ne devient sensible qu'au delà de N/100 et réellement gênante à partir de N/750. Il nous a été toujours possible, en relevant les courbes de la tension et du courant en fonction du temps, à partir de la mise en contact des électrodes, de déterminer les valeurs correspondant à l'état initial avant toute diffusion.

Les électrodes ont été comparées entre elles par l'intermédiaire de la solution à étudier et les mesures ont été faites pour plusieurs valeurs du courant afin de contrôler l'absence de polarisation.

Voici les chiffres obtenus, aux diverses concentrations en NaCl, exprimés en ρ (résistivité) et en c (conductibilité), à la température $t = 24°$:

Concentrations en NaCl.	ρ.	c.
N/10	83,5	0,0120
N/50	455	0,0022
N/100	890	0,00112
N/250	1960	0,00051
N/500	4750	0,000210
N/750	7390	0,000135
N/1000	10250	0,0000975

La courbe représentative de ρ et de c en fonction de la concentration construite en coordonnées logarithmiques est rectiligne sur toute l'étendue de la zone étudiée.

Les mesures, en présence des trois protéides sériques, ont été faites dans les mêmes conditions et répétées trois fois au minimum pendant une durée ne dépassant pas trois minutes.

L'addition de ces substances, aux diverses concentrations salées, a légèrement varié avec chacune d'elles.

La myxoprotéine humide était mise au préalable, à la teneur de $1^g,486$ de matière sèche, au contact de 100^{cm^3} des différentes concentrations de NaCl. Les liqueurs étaient ensuite décantées au moment des mesures.

Les chiffres obtenus pour les trois protéines sont comparables à ceux indiqués pour NaCl seul, avec de très faibles écarts ne dépassant pas 3 pour 100, et les courbes superposables.

Conclusion. — La dispersion de la myxoprotéine dans les solutions du chlorure de sodium ne trouve donc pas son explication dans une adsorption du sel par cette protéine. La sérum-albumine et la sérum-globuline ne modifient pas non plus, dans ces conditions expérimentales, la conductibilité électrique. Ces résultats confirment à nouveau la grande inertie aussi bien physique que chimique des substances protéiques préparées purement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Produits d'oxydation du lévulose en milieu ammoniacal par le bleu de méthylène et l'oxygène de l'air, à la température du laboratoire*. Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude des produits d'oxydation de plusieurs hexoses par l'oxyde de cuivre ammoniacal et l'oxygène de l'air, à la température du laboratoire a fait l'objet de plusieurs Notes (¹). Ce travail présente un intérêt biologique, car la synthèse des protéines chez les végétaux, sur laquelle nous savons si peu de choses, s'effectue à partir de sucres et d'ammoniaque. A ce point de vue il est remarquable que dans les conditions indiquées on obtienne principalement des dérivés de l'imidazol, constituant important des protéines du noyau de la cellule vivante (histidine, acides nucléiques). En particulier 100^g de lévulose fournissent 3^g d'acide oxalique, 2^g,5 d'imidazol, 15^g d'oxyméthyl-4-imidazol et 11^g de *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol.

Il était intéressant de chercher à remplacer l'oxyde cuivrique par un transporteur d'hydrogène tel que le bleu de méthylène, présentant une certaine analogie avec la cystine et le gluthation, combinaisons qui semblent jouer un rôle important dans les processus chimiques à l'intérieur de la cellule vivante.

A partir de 100^g de lévulose on a pu obtenir ainsi 1^g,5 d'oxyméthyl-4-imidazol, 3^g,5 de *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol et 1^g d'un corps nouveau : l'imidazol-4-formamide :

$$\mathrm{CH}\begin{matrix}\nearrow \mathrm{N}-\!\!-\mathrm{C}-\mathrm{CONH^2} \\ \quad\quad\quad\ \ \| \\ \searrow \mathrm{NH}-\mathrm{CH}\end{matrix}$$

Cette substance dont la formule a été vérifiée par l'analyse élémentaire possède deux réactions du noyau imidazol : précipitation par le nitrate d'argent ammoniacal et coloration rouge par le *p*-diazobenzène-sulfonate de sodium. Elle donne la réaction du biuret, et, traitée par l'acide chlorhydrique concentré à chaud, elle fournit l'ammoniaque et l'acide imidazol-4-carbonique.

(¹) Pierre Girard et J. Parrod, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 328; J. Parrod, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1136; J. Parrod et Yvonne Garreau, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 890; Yvonne Garreau et J. Parrod, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 657.

La formation d'amides par oxydation d'alcools ou d'aldéhydes en milieu ammoniacal, par un persulfate ou un permangananate, a été signalée par Pickard et Carter [1]. Au point de vue biologique, il est intéressant de voir qu'un oxydant doux, tel que le bleu de méthylène, conduit également à la fonction amide.

Technique. — On fait passer un lent courant d'air dans un mélange contenant : lévulose (1 mol-gr) 180^g; bleu de méthylène Merck Ph. Jap. IV, exempt de Zn 2/5 mol-gr 125^g; NH^3 à 20 °/₀ (16 mol-gr) 1500^{cm^3}; eau q. s. p. 4000^{cm^3}.

Après un mois, on ajoute 20^g de lévulose et l'on bouche le flacon. Trois jours après, le bleu de méthylène est réduit en totalité à l'état de leucodérivé peu soluble. On filtre, ajoute 300^g de baryte cristallisée en solution aqueuse, évapore dans le vide pour chasser NH^3. On élimine Ba par SO^4H^2, décolore au noir, puis ajoute une solution d'acide phosphotungstique à 40 °/₀ ; en agitant, jusqu'à ce qu'une goutte ne provoque plus de trouble. Le précipité de phosphotungstates est agité avec un excès de baryte. Après filtration et élimination de Ba par CO^2, on évapore à sec, reprend par l'alcool à 90 °/₀ bouillant. La solution alcoolique évaporée est reprise par l'eau. On ajoute de l'acide picrique solide qu'on dissout à l'ébullition. Par refroidissement, le picrate d'oxyméthyl-4-imidazol cristallise. Une nouvelle addition d'acide picrique précipite l'amide de l'acide imidazol-4-carbonique. Les eaux-mères contiennent le picrate de *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol. On traite ces picrates comme d'habitude afin d'en extraire les bases.

Imidazol-4-formamide $C^4H^5ON^3 + H^2O$. Gros cristaux incolores, s'effleurissant lentement à l'air, $F = 214°$ (secs) ; peu solubles dans l'eau froide, plus solubles dans l'eau chaude, insolubles dans les autres solvants usuels. Sa solution est faiblement alcaline au tournesol. (Propriétés chimiques : voir plus haut.)

Analyse (°/₀ produit desséché) : C 43,25, H 4,60, N 37,93, eau 16,13 (théorie : C 43,21, A 4,53, N 37,83, eau 16,22).

---

(1) *Journal of Chem. Soc.*, 79, 1901, p. 521.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les échanges de calcium normaux, de Chiens privés de leurs glandes génitales, Chien émasculé et Chienne ovariectomisée. L'ablation ultérieure des parathyroïdes est suivie, chez la Chienne, de la baisse habituelle de la séro-calcémie.* Note ([1]) de MM. **Jean Cheymol** et **Alfred Quinquaud**, présentée par M. A. Desgrez.

L'ablation des glandes génitales s'accompagne de modifications remarquables des os; l'allongement du squelette de l'eunuque implique la fixation de grandes quantités de chaux. Et pourtant, on ne peut déceler une influence de ces glandes sur la calcémie, résultant des échanges de calcium. Des Chiens privés de leurs glandes génitales ne nous ont pas montré de variations notables du taux de calcium de leur sang.

Les Chiens reçoivent la nourriture habituelle, soupe, pain, viande et os. Sang prélevé en ponctionnant le cœur gauche, à travers le thorax. Calcium dosé dans le sérum par la technique de L. Velluz et R. Deschaseaux ([2]), donnant une approximation de 2 à 3 pour 100. Calcémie indiquée en milligrammes par litre de sérum. Faisons de suite remarquer que, d'un jour à l'autre, on peut noter des oscillations de la calcémie d'environ un centigramme.

L'ablation des testicules ne modifie pas le taux de calcium du sang.

A trois Chiens, batardés, en bon état, un berger marron clair, vieux, 17^{kg}, et deux jeunes fox, blancs, taches noires, l'un de $9^{kg},4$ et l'autre de $9^{kg},2$, nous enlevons les deux testicules et nous suivons la calcémie pendant 75 jours. La calcémie du vieux Chien berger passe de 108-104-110, moyenne 107, à 108-107-112, moyenne 109. La calcémie du fox de $9^{kg},4$ passe de 111-113-115, moyenne 113, à 108-107-112, moyenne 109. Celle du fox de $9^{kg},2$, de 105-104-113, moyenne 109, à 106-105-110, moyenne 107.

Ces trois Chiens n'étaient castrés que depuis deux mois et demi. Nous avons eu l'occasion de prélever du sang à un Chien de 3 ans, émasculé depuis l'âge de 3 mois, bas-rouge de 25^{kg}, en laisse dans le jardin de l'un de nous. Trois prélèvements montrent des calcémies à 116, 110, 111, soit

---

([1]) Séance du 20 juin 1932.

([2]) L. Velluz et R. Deschaseaux, *Technique de microdosage du calcium dans le sérum sanguin* (*C. R. Soc. de biol.*, **104**, 1930, p. 977-978).

de 112. Voici donc un Chien castré depuis trois ans et qui possède une calcémie de 112. C'est là un chiffre tout à fait normal. 415 dosages, effectués sur 130 Chiens, nous ont donné un taux moyen de calcium de 109 ± 5.

Pas plus que l'ablation des testicules, l'ovariectomie ne modifie le taux de calcium du sang.

A trois Chiennes batardées, l'une, jeune, blanche, de 7^{kg}, une autre, adulte, grise, de 10^{kg} et la troisième, jeune, grise, de 13^{kg}, nous enlevons les deux ovaires par la voie lombaire droite. Et nous suivons la calcémie pendant 47, 64 et 56 jours respectivement. La première, du 35e au 47e jour, présente une calcémie à 112-108-106, soit de 108; avant l'ablation, la calcémie était à 107-109-107, soit à 108. La seconde, du 58e au 64e jour, présente une calcémie à 119-113-115, soit de 116; avant l'ablation, la calcémie était à 116-118-116, soit à 117. La troisième, du 54 au 56e jour, présente une calcémie à 111-113, soit 112; avant l'ablation 119-118, soit 118.

Sur la Chienne ovariectomisée, l'ablation des parathyroïdes entraîne la baisse de la séro-calcémie et la mort habituelle. A l'une de nos Chiennes, 64 jours après l'ablation des deux ovaires, nous enlevons tout l'appareil thyroïdien, thyroïde et parathyroïdes. L'animal survit 13 jours, en présentant de la raideur musculaire et quelques crises de tétanie. Pendant ce temps, le taux de calcium du sang s'abaisse de 115 à 44, c'est-à-dire de 60 pour 100, baisse observée chez le Chien simplement privé de l'appareil thyroïdien. Une Chienne, adulte, ovariectomisée ne survit pas à l'ablation des parathyroïdes. M. Eugène Gley avait déjà signalé le fait dès 1911 [1]. L'ovariectomie n'empêche pas les accidents mortels consécutifs à l'ablation des parathyroïdes; nous voyons qu'elle ne modifie pas davantage la baisse de calcium, si caractéristique.

Ainsi, quelle que soit la glande génitale enlevée, ovaire ou testicule, le taux de calcium du sang ne se modifie pas.

---

[1] E. Gley et M. Clèret, *Ovariectomie et thyro-parathyroïdectomie* (*C. R. de la Soc. de Biol.*, 70, 1911, 470-472).

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Une nouvelle méthode d'immunisation des maladies à virus filtrants; son application dans la vaccination antiaphteuse.* Note (¹) de M. **Joseph Lignières**, présentée par M. E. Leclainche.

On sait que pour quelques maladies à virus filtrant : la peste porcine, la peste bovine et même la fièvre aphteuse, on a préconisé, entre autres procédés, la séro-vaccination qui consiste à injecter simultanément sous la peau, mais en des points différents, une quantité relativement grande d'un sérum anti, proportionnelle au poids vif, et une quantité minime de virus. Cette méthode, qui a l'avantage de donner une très forte immunité et de s'appliquer en une seule fois, n'est pas sans danger lorsqu'on veut s'en servir dans des régions indemnes, parce qu'elle crée de véritables foyers d'infection, surtout s'il se produit des accidents de vaccination. D'autre part, la grande quantité de sérum nécessaire rend ces vaccinations assez onéreuses.

J'ai essayé une méthode basée sur le principe suivant : *introduire un virus dans une petite zone de l'organisme rendue en même temps résistante, mais non réfractaire au virus, de façon que celui-ci puisse cultiver sur place, sans provoquer une généralisation. L'évolution locale du virus devait produire une immunité.* Mes essais ont porté sur des maladies que j'avais à ma portée : la peste porcine, la maladie des jeunes chiens et surtout la fièvre aphteuse. Donc, en injectant au même point une petite quantité de sérum spécifique (la moitié dans le derme et l'autre moitié sous la peau) et, à trois ou quatre centimètres plus loin, du virus correspondant spécifiquement au sérum, on peut voir les animaux supporter parfaitement ces injections et devenir assez résistants pour recevoir plus tard, sans en souffrir, le virus seul qui tuait ou rendait très malades tous les témoins. Voilà le fait fondamental. Cependant, dans bien des cas, les résultats étaient loin d'être satisfaisants et surtout les conditions m'apparurent vite distinctes suivant qu'il s'agissait du virus de la peste porcine ou de celui de la fièvre aphteuse par exemple.

Cela est d'ailleurs naturel, puisque les qualités pathogènes de leurs virus et l'efficacité relative de leurs sérums sont différentes. Il m'a donc fallu déterminer les règles à suivre pour obtenir, dans des vaccinations pratiques, les résultats les plus sûrs et les plus utiles; je me suis attaqué de

(¹) Séance du 11 juillet 1932.

préférence à la fièvre aphteuse, contre laquelle on était resté assez désarmé et qui, par sa complexité, semblait présenter les difficultés les plus grandes. La série de mes Communications antérieures [1] montre une partie de mes recherches préliminaires; il faudra entreprendre des études analogues pour la peste porcine et la maladie des jeunes chiens avant de pouvoir appliquer avec fruit la nouvelle méthode. Celle-ci me paraît logiquement appelée à jouer un rôle dans d'autres affections humaines ou animales à virus filtrants; et je pense qu'il y a là bien des années de travail pour tous les laboratoires spécialisés qui ont à leur portée la peste porcine, la maladie des chiens, la fièvre aphteuse ou des maladies comme la peste bovine, la scarlatine, la poliomyélite, la fièvre jaune, pour n'en citer que quelques-unes.

J'ai tenté d'étendre ma méthode en l'appliquant à la fièvre aphteuse chez les bovidés, quelle que soit leur taille.

A la base de l'oreille droite, j'injecte au même point, dans le derme, $0^{cm^3},5$ de sérum antiaphteux et $0^{cm^3},5$ sous la peau, au total 1^{cm^3}. Quatre à cinq centimètres plus loin, vers la pointe de l'oreille, j'inocule aussi 1/20e de centimètre cube d'une dilution en eau glycérinée, de sérosité aphteuse, dans le derme seulement.

Dix jours après, les mêmes inoculations sont répétées à l'oreille gauche; mais en choisissant un virus aphteux un peu plus fort en quantité ou en qualité.

Après 10 jours, chaque sujet reçoit encore, dans le derme de la base de l'encolure ou d'un pli de la queue : 1/20e de centimètre cube d'une dilution de sérosité aphteuse. Cette injection est faite seule, sans sérum; elle donnerait à coup sûr la fièvre aphteuse si les animaux n'avaient pas été rendus résistants par les deux premières injections. A la suite de cette dernière inoculation, l'immunité est acquise pour plusieurs mois. Durant tout le cours de la vaccination, il ne se produit normalement aucun aphte.

Aujourd'hui, je donnerai les règles générales que j'ai pu dégager de mes essais de vaccination de la peste porcine, de la maladie des jeunes chiens

(1) J. Lignières, *La détermination des types de virus aphteux* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1691); *Sur la variabilité de la qualité pathogène et immunisante du virus aphteux* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1863); *Phénomènes paradoxaux de la propriété immunisante du virus aphteux* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2090); *Les causes de l'atténuation et de l'exaltation du virus aphteux. Les récidives dans la fièvre aphteuse. Le choix des virus pour la vaccination antiaphteuse* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2242).

et surtout de la fièvre aphteuse, qui me semblent appliquables aussi aux autres affections justiciables de ma méthode.

Pour vacciner, il faut régler la quantité et la qualité du sérum à injecter et celle du virus, de façon que ce dernier, tout en pouvant évoluer sur place, ne se généralise pas. Je ferai donc connaître avec plus de détails, dans les Notes suivantes, les modes de la préparation du sérum et du virus utilisables.

Les quantités de sérums sont variables suivant son efficacité et la nature de la maladie. Pour vacciner un bovidé contre la fièvre aphteuse il suffit, quel que soit son poids, de 1^{cm^3} de sérum antiaphteux ($0^{cm^3},5$ dans le derme et $0^{cm^3},5$ sous la peau); tandis que 4^{cm^3} sont parfois nécessaires pour la peste porcine (2^{cm^3} dans le derme et 2^{cm^3} sous la peau). Dans la maladie des chiens, c'est aussi 4^{cm^3} de sérum spécifique qu'il faut employer.

Quant au virus, il ne doit jamais être pleinement virulent. On emploie des virus toujours capables de déterminer la maladie, mais en très petite quantité et affaiblis, soit par le temps de leur conservation, soit par des passages successifs sur une autre espèce, soit par l'addition d'un antiseptique ou tout autre moyen.

La séance est levée à 15^h45^m.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1932 (*fin*).

Tidebolger og Flekker på solen, par K. L. Meldahl. Oslo, A.-W. Brøggers Boktrykkeri A/S, 1932; 1 vol. 29cm.

Encyclopédie mycologique : Tomes III, IV, V. *Traité de pathologie végétale*.

— Tome I : *Atlas*.

— Tome I, Volume I : *Introduction. Maladies de la vigne. Généralités sur les maladies des arbres fruitiers. Maladies du pommier*.

— Tome I, Volume II : *Maladies du poirier, du cognassier, des pomacées diverses, des arbres à noyau, des arbustes fruitiers, du fraisier et des cultures méditerranéennes*, par Gabriel et Madeleine Arnaud. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1931; 3 vol. 25cm,5.

Ce qu'il faut penser de la théorie d'Einstein, par Corps. Paris, Librairie d'action française, 1932; 1 fasc. 18cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

La Société royale du Canada. *Rétrospective de cinquante ans*. Volume anniversaire 1882-1932; 1 vol. 25cm,5.

Miguel Faraday, Theophilo Nalasco de Almeida. Conférences. Rio de Janeiro, 1932; 1 fasc. 27cm.

Einsteine « Versus » Michelson, par Theophilo Nalasco de Almeida. Conferencia proferida no Instituto Technico Naval. Rio de Janeiro, Imprensa Naval, 1930; 1 fasc. 23cm.

Das Doppelmolekül, par Gerhard Nilsson. Stockholm, Centraltrycksriet, 1932; 1 fasc. 24cm,5.

Économie agricole de l'Indochine, par Yves Henry. Hanoï, 1932; 1 vol. 31cm,5.

Anais do observatorio Astrónomico do Universidade de Coimbra. Primeira secção *Fenomenos solares*. Tome I. Coimbra. Imprensa do Universidade, 1929; 1 vol. 35cm.

Le Trias à Lasseube, par H. Douvillé et G. O'Gorman. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*, 5e série, tome I, 1931 p. 519 à 536; 1 fasc. 25cm.

Symbiose ou parasitisme par H. Douvillé. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*, 5e série, Tome I, 1931; 1 fasc. 25cm.

Sur la formation du silex, par H. Douvillé. Tirage à part des *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, tome 194, n° 16. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 fasc. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** dépose sur le bureau un volume des *Archives du Muséum national d'Histoire naturelle*, publié en l'honneurdu centenaire de **Georges Cuvier**, et contenant des articles de MM. L. Bultingaire, Louis Roule, R. Anthony, Marcellin Boule, L. Joubin, Ch. Gravier, A. Lacroix, M. Friant, W. Besnard et G. Petit.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* Antonio Luiz de Teffé, *correspondant pour la Section de Géographie et Navigation*, par M. **Robert Bourgeois**.

Le Contre-Amiral Antonio Luiz von Hoonholtz, fait Baron de Teffé en 1878, correspondant de la Section de Géographie et Navigation depuis 1889, est décédé à Petropolis, le 7 février 1931, à l'âge de 92 ans. Il avait commencé sa carrière scientifique en 1858 en faisant un cours d'Hydrographie à l'Académie de Marine de Rio de Janeiro et peu après, avait fait paraître le premier traité de cette science qui ait été écrit en langue portugaise.

Cet ouvrage lui fit accorder un prix spécial et le désigna aussi, quelques années plus tard, pour faire l'exploration de la côte du Brésil dans les parages de l'île Sainte-Catherine.

Ce travail conduit suivant les méthodes les plus exactes ayant été communiqué au commandant Mouchez, qui faisait alors une reconnaissance de la côte, valut au jeune officier les éloges du Commandant français pour sa bonne exécution. M. Mouchez fit mieux, il l'introduisit dans ses cartes en indiquant dans une note sa provenance.

En 1864, M. von Hoonholtz chargé de l'observation d'une éclipse de soleil, en calcula les phases pour la section de Sainte-Catherine et les chiffres qu'il trouva pour l'observation de trois contacts s'accordèrent avec ceux du commandant Mouchez qui opérait sans qu'il le sût à petite distance de lui.

La guerre qui éclata peu après entre le Brésil et le Paraguay n'arrêta pas les travaux scientifiques de M. von Hoonholtz. Tout en prenant part à 22 combats, il fit une série de reconnaissances qui fournit en particulier le levé du confluent du Paraguay et du Parana.

En 1869, nous le trouvons faisant un levé minutieux de la grande baie de Rio de Janeiro.

En 1871, étant capitaine de frégate, il fut chargé de la délimitation des frontières du Brésil et du Pérou.

Ce travail qui dura trois ans, le conduisit dans des régions qui n'avaient jamais été explorées.

La mission dont il avait été le chef dut remonter le cours du Javary dont la partie supérieure coulait au milieu d'une région habitée par des Indiens hostiles qui avaient su résister à toutes les expéditions antérieures. Elle laissa derrière elle au cours des travaux, morts de maladie ou sous les flèches des Indiens, le tiers de son personnel.

Mais le chef de la Mission put rapporter cependant, malgré les difficultés qu'elle avait éprouvées, une belle carte du cours du Javary dont le tracé était ignoré avant ce dernier levé, et qui a été présenté à notre Académie.

En 1878, M. von Hoonholtz créé baron de Teffé, à la suite de cette mission, fut chargé de fonder au Brésil un Bureau hydrographique et put alors s'occuper de la publication de ses travaux.

Enfin un dernier levé hydrographique a été fait encore par M. de Teffé à la suite d'un accident arrivé dans les Abrolsos à un navire français.

Malgré la difficulté de l'opération, M. de Teffé retrouva la roche qui avait été cause de l'avarie de la coque du bateau des Messageries et fixa sa position.

M. de Teffé avait été désigné en 1882 pour diriger la mission brésilienne chargée d'observer le passage de Vénus à Saint-Thomas dans les Antilles. Les résultats qui ont été calculés par lui forment un gros volume qui a été présenté à notre Académie.

La haute notoriété de l'Amiral de Teffé dans son pays natal s'explique non seulement par ses travaux, mais aussi parce qu'il a toujours été des premiers à seconder tous les efforts faits au Brésil pour développer les institutions scientifiques.

Membre élu de l'Institut historique et géographique du Brésil, il a été le fondateur et le président de la première Société géographique qui ait été créée dans le pays. Il a été vice-président de l'Institut Polytechnique et directeur du Service hydrographique Brésilien.

Cet ensemble de travaux aussi bien qu'une vie presque entièrement consacrée à la science, lui avaient à juste titre mérité la place de correspondant de la Section de Géographie et Navigation, où il était élu en 1889 à la suite du rapport présenté par notre confrère Bouquet de la Grye.

CYTOLOGIE. — *La réduction chromatique chez la Drosophile femelle et la théorie du crossing-over.* Note (¹) de MM. **Émile Guyénot** et **A. Naville.**

Au cours de nos recherches sur la spermatogenèse de *Drosophila melanogaster*, nous avons constaté l'absence complète de phases préméiotiques vraies; cette conclusion, en accord avec les observations de nos devanciers et des auteurs qui nous ont succédé, peut être considérée comme bien établie. Elle est d'ailleurs en harmonie, en ce qui concerne la théorie chiasmatypique du crossing-over, avec le fait que, chez le mâle de Drosophile, la liaison entre facteurs est absolue, les chromosomes se séparant en bloc sans échange de parties. Nous n'avons pas réussi davantage à observer de préméiose dans les ovocytes, peu avant les divisions de maturation; ce résultat n'était pas en accord avec la théorie classique du crossing-over qui suppose la présence, au cours de l'ovogenèse, de phénomènes de zygoténie. Cependant, tout en signalant l'importance de cette observation si elle venait à être confirmée, nous fîmes sur sa valeur définitive les plus expresses réserves : « Nous tenons, écrivions-nous alors, à bien préciser que nos observations n'ayant pas porté spécialement sur ce qui se passe dans le noyau des très jeunes ovocytes, avant la phase d'accroissement, il se pourrait que l'on y trouvât ultérieurement les phénomènes chiasmatypiques que suppose la théorie » (²). Cette réserve était d'autant plus importante que les expériences de Sturtevant (1914) et de Plough (1917) indiquaient que le crossing-over, limité au sexe femelle, devait se produire au début de l'accroissement de l'ovocyte.

(¹) Séance du 18 juillet 1932.

(²) E. Guyénot et A. Naville, *Les chromosomes et la réduction chromatique chez Dr. melanogaster* (*La Cellule*, 39, 1928, p. 27).

L'un de nous [A. NAVILLE, *Les bases cytologiques de la théorie du crossing-over chez les Diptères* (*Comptes rendus Soc. Phys. Hist. nat.*, *Genève*, 49, 1932, p. 85); *Les bases cytologiques de la théorie du crossing-over chez les Diptères : la spermatogenèse et l'ovogenèse des Calliphorinées* (*Zeits. Zellf. u. mikr. Anat.*, 1932)], ayant poursuivi ce travail d'une façon indépendante en s'adressant à un autre Diptère, la *Calliphora*, où l'examen cytologique est infiniment plus aisé que chez la Drosophile, réussit à rencontrer, au début de l'ovogenèse, les phases préméiotiques dont nous soupçonnions l'existence. Tandis que, dans la spermatogenèse, les prochromosomes forment directement les tétrades de la figure diakinétique, on distingue, dans l'histoire de l'ovocyte I, deux périodes. Pendant la première, précédant l'accroissement, on peut facilement reconnaître, parmi les 16 éléments qui constituent le cyste ovarien, deux cellules particulières, dont l'une deviendra l'ovocyte fonctionnel ; elles passent seules par la série des aspects correspondant aux stades leptotène, pachytène et strepsitène. Durant la seconde période, l'ovocyte s'accroît aux dépens des 15 cellules vitellogènes et son noyau n'entre en diakinèse qu'à l'approche de la fécondation.

Nous avons cherché à retrouver ces stades d'évolution dans les ovocytes de *Drosophila melanogaster* où leur constatation prendrait une importance particulière, puisque c'est sur les faits génétiques observés chez cet animal que repose la théorie chiasmatypique du crossing-over. Nous avons prélevé des ovaires non mûrs, sur des pupes de Drosophiles, en nous attachant à les couper autant que possible parallèlement au grand axe des tubes ovariens. Chaque ovariole montre alors au sommet un groupe de cellules goniales souvent en divisions, puis plusieurs cystes contenant chacun 16 éléments correspondant à des ovocytes de premier ordre. Le plus âgé de ces cystes est déjà isolé par une enveloppe de cellules folliculeuses. Dans chaque petit cyste, on remarque deux cellules particulières, toujours disposées côte à côte, généralement au pôle postérieur. Ces deux éléments se distinguent d'emblée par l'aspect de leurs noyaux *qui passent successivement par les états leptotène, zygotène, pachytène et strepsitène, caractéristiques de la préméiose*. L'aspect strepsitène, que l'on observe parfois dans les ovocytes les plus avancés, montre nettement qu'il y a enroulement des chromosomes homologues l'un autour de l'autre. De ces deux éléments particuliers du cyste, l'un constituera l'ovocyte définitif ; l'autre se transformera en cellule vitellogène et ne se distinguera plus des autres éléments nourriciers.

Nos observations sur la spermatogenèse et l'ovogenèse de la Drosophile

nous conduisent donc à reconnaître une différence fondamentale dans l'évolution des cystes de premier ordre des deux sexes. Tandis qu'il n'y a, dans l'histoire des spermatocytes I, aucun stade de préméiose, les ovocytes présentent la série des aspects de la syndèse chromatique. Cette différence fondamentale constitue un argument décisif en faveur de la théorie chiasmatypique du crossing-over formulée par Morgan, Bridges, Müller et Sturtevant. La théorie prévoyait que l'enroulement des chromosomes homologues devait se produire dans le sexe femelle à l'exclusion du sexe mâle. L'examen cytologique apporte une confirmation éclatante de cette hypothèse. La syndèse chromatique se passe d'ailleurs dans l'ovogenèse précisément à l'époque que permettaient de fixer les résultats expérimentaux.

M. **E. Mathias** fait hommage à l'Académie des brochures intitulées *L'Éclair; l'Éclair fulgurant ascendant, l'Éclair en chapelet; Observations nouvelles ou peu connues d'éclairs globulaires.*

NOMINATIONS.

MM. **P. Viala** et **C. Matignon** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du buste de *J.-A. Chaptal*, qui sera érigé à l'occasion du centenaire de sa mort, à Mende, le 21 août 1932.

CORRESPONDANCE.

M. le **Maire de Badonviller** invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration d'une plaque commémorative apposée sur la maison natale de *Charles Messier*, le 14 août 1932.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

New General Catalogue of Double Stars within 120° *of the North Pole* by Robert Grant Aitken *In succession to the Late* Eric Doolittle, vol. I et II.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les hypercirconférences et hyperhélices dans les espaces euclidiens à p dimensions.* Note [1] de M. M. Syptak, présentée par M. Élie Cartan.

Par *hypercirconférence* [*hyperhélice*], nous entendons une courbe plongée dans un espace à $2n(\geqq 4)$ dimensions R_{2n} [à $2n+1(\geqq 3)$ dimensions R_{2n+1}], dont toutes les courbures scalaires sont constantes, non nulles [2]. Dans un point P quelconque d'une telle courbe, nous appelons espace *normal* (*tangent*) l'espace déterminé par les normales d'indices impairs (par la tangente et les normales d'indices pairs).

1. Chaque hypercirconférence (= hce) Γ admet un groupe de ∞^1 déplacements en elle-même conservant n plans deux à deux orthogonaux et passant par un point fixe. Nous appelons *plans axiaux* de Γ les plans en question et *centre* de Γ leur point commun. Γ se projette orthogonalement dans un quelconque de ses plans axiaux suivant une circonférence γ de manière que, si P′ est la projection d'un point P de Γ, l'espace tangent (normal) à P se projette comme la tangente τ (la normale ν) au point P′ de γ. La direction de τ et celle de ν forment un couple de *directions axiales conjuguées* de P. A chaque point P de Γ se trouvent ainsi associés n couples de directions axiales conjuguées, en somme $2n$ directions normales les unes aux autres. Si l'on choisit convenablement les axes coordonnés $X_1, \ldots, X_{2n}$ (passant par le centre de Γ et parallèles aux directions axiales conjugées au point $s=0$), les équations de Γ peuvent se mettre sous la forme

$$X_{2i-1}=r_i \sin l_i s, \quad X_{2i}=r_i \cos l_i s \qquad (i=1, 2, \ldots, n),$$

r_i, l_i étant des constantes convenables, que l'on peut supposer >0, et $l_i \neq l_j$, pour $i \neq j$. Tous les espaces normaux de Γ passent par son centre et tous les points de la courbe en sont à la même distance.

2. Chaque hyperhélice (= hhce) Δ admet un groupe de ∞^1 déplacements en elle-même conservant une droite a — *l'axe* de Δ, et, aux transla-

---

[1] Séance du 18 juillet 1932.

[2] Quant aux hypercirconférences dans l'espace euclidien à quatre dimensions, elles ont été étudiées récemment par M. O. Borůvka dans son Mémoire *Sur les hypercirconférences et certaines surfaces paraboliques dans l'espace euclidien à quatre dimensions* (*Publ. Fac. Sci. Univ. Masaryk*, Brno, fasc. 146, 1931, 40 p.). Voir aussi sa Note sous le même titre aux *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 633.

tions suivant cet axe près, n plans deux à deux orthogonaux et normaux, dans leur point commun, à l'axe — *plans axiaux* de Δ. Tous les points de Δ sont à la même distance r de a. La projection orthogonale de Δ sur un hyperplan α perpendiculaire à a est une hce (resp. circonférence) Γ qui se trouve située sur l'hypersphère de rayon r, dont le centre est la projection de a et dont les plans axiaux sont les projections de ceux de Δ. Si P' est la projection sur α d'un point P quelconque de Δ, l'espace normal (tangent) de Γ, au point P', est la projection orthogonale de l'espace normal (tangent) de Δ au point P. Inversement, si l'on peut associer à une courbe Δ^* un hyperplan α tel que Δ^* s'y projette orthogonalement suivant une hce, resp. circonférence Γ dont l'espace tangent (normal) est la projection de l'espace tangent (normal) correspondant de Δ^* (la définition d'un tel espace étant la même que pour Δ), Δ^* est une hhce dont l'axe est la droite passant par le centre de Γ et perpendiculaire à α. Avec un choix convenable des axes coordonnés $X_1, \ldots, X_{2n+1}$, on peut mettre les équations de Δ sous la forme

$$X_{2i-1} = r_i \sin l_i s, \qquad X_{2i} = r_i \cos l_i s, \qquad X_{2n+1} = Cs \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les r_i, l_i, C étant des constantes (> 0) et $l_i \neq l_j$ pour $i \neq j$.

3. P, Q étant deux points arbitraires d'une hce [hhce], l'espace normal pris au milieu de l'arc $\widehat{PQ}$, passe par le centre de la sécante $\overline{PQ}$, lui est perpendiculaire et, si P, Q sont en position générale, il contient le point d'intersection de leurs espaces tangents [coupe la droite parallèle à a suivant laquelle se coupent leurs espaces tangents]. Les deux angles que fait la sécante $\overline{PQ}$ avec les espaces tangents à P et Q sont égaux.

4. *a*. Pour qu'une courbe C d'un espace $R_p (p \geqq 3)$ ait toutes ses courbures constantes, il faut et il suffit qu'il existe un espace fixe à $p-2$ dimensions tel que 1° tous les points de C soient à la même distance de cet espace, 2° la tangente et toutes les normales de C forment avec lui des angles constants non nuls; *b*. pour qu'une courbe C dans R_{2n} soit une hce, il faut et il suffit qu'on puisse lui associer un point O et n plans orthogonaux les uns aux autres passant par O tels que chaque espace normal de C les coupe suivant une droite; *c*. pour qu'une courbe C dans R_{2n+1} soit une hhce, il faut et il suffit qu'on puisse lui associer une droite fixe a telle que chaque espace normal la coupe, le point d'intersection ayant, en tout point de C, vis-à-vis des normales d'indices impairs correspondants, la même position.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Définition et lois du ressaut des jets gazeux.* Note de M. **Maurice Roy**, présentée par M. E. Jouguet.

I. Soit un courant permanent de gaz, dénué de viscosité et de frottement, s'écoulant par tranches et adiabatiquement à travers une tuyère qui débite dans une enceinte à pression uniforme.

Pour une certaine valeur λ_0 du rapport λ des pressions à l'aval et à l'amont de la tuyère, l'écoulement remplit toute section de la tuyère et s'effectue suivant l'adiabatique réversible.

On sait, depuis les travaux de Prandtl et de Proell, que si λ_0 est inférieur à une certaine valeur critique λ_c, la tuyère présentant alors un col, l'écoulement peut encore remplir toute section de la tuyère, pour les valeurs de λ comprises entre deux limites $\lambda_1 > \lambda_0$ et $\lambda_2 < 1$, pourvu que l'on admette l'existence d'une onde de choc stationnaire, obéissant aux lois d'Hugoniot et située entre le col et la sortie de la tuyère.

Dans ce problème, lorsque λ, sans être égal à λ_0, est compris entre o et $\lambda_1 > \lambda_0$, l'écoulement ne peut continuer à remplir la tuyère sans éprouver, au moins à la sortie, quelque singularité différente de l'onde de choc.

II. On peut concevoir systématiquement cette singularité sous la forme d'une *variation brusque de section*, que nous dénommons *ressaut*, de la veine à la sortie de la tuyère. A la traversée du ressaut, la transformation du fluide continue à être adiabatique mais, de même qu'à travers une onde de choc, elle est irréversible, partant à entropie croissante.

Il est facile d'établir, par les raisonnements usuels de l'hydraulique des fluides compressibles, les lois du ressaut en conservant l'hypothèse des tranches au delà comme en deçà du ressaut.

Pour un gaz parfait, par exemple, les valeurs, avant et après traversée du ressaut (ces dernières distinguées par un accent) de la section ω du courant, de la vitesse v, de la pression p et du volume spécifique σ du fluide, sont liées par les relations

$$(1) \qquad \frac{\omega v}{\sigma} = \frac{\omega' v'}{\sigma'},$$

$$(2) \qquad (p - p')\sigma = v(v' - v),$$

$$(3) \qquad p'\sigma' = p\sigma\left[1 + \frac{\gamma - 1}{\gamma}\left(\frac{p'}{p} - 1\right) - \frac{\gamma - 1}{2\gamma}\,\frac{p\sigma}{v^2}\left(\frac{p'}{p} - 1\right)^2\right],$$

[γ = rapport C/c des chaleurs spécifiques, supposées constantes, du gaz parfait].

La loi (3), qui constitue la « loi adiabatique du ressaut », peut être rapprochée de la « loi adiabatique dynamique d'Hugoniot », qui s'exprime, en distinguant par un double accent les grandeurs à l'aval d'une onde de choc,

$$(4) \qquad p[(\gamma+1)\sigma-(\gamma-1)\sigma'']=p''[(\gamma+1)\sigma''-(\gamma-1)\sigma].$$

On établit aisément, en tenant compte de la croissance nécessaire de l'entropie à travers le ressaut, que cette singularité de l'écoulement, à la sortie de la tuyère, ne peut se produire que si le jet gazeux sort de la tuyère avec une *vitesse supérieure à la célérité du son*, ce qui n'est d'ailleurs possible que si la tuyère présente un col.

III. A la différence de l'onde de choc, qui provoque nécessairement une augmentation de pression, le ressaut peut entraîner *détente ou compression*, c'est-à-dire dilatation ou striction de la veine. Dans le second cas, il est rationnel d'admettre [1] que l'augmentation d'entropie à travers le ressaut est d'autant plus forte que le relèvement correspondant $(p'-p)$ de la pression est plus grand.

On établit aisément que cette augmentation d'entropie passe par un maximum lorsque $(p'-p)$ atteint la valeur du relèvement $(p''-p)$ de pression que provoquerait au même endroit une onde de choc stationnaire. *Le ressaut limite de choc ou de striction est alors équivalent à l'onde de choc et la loi* (3) *se raccorde alors à la loi* (4) *d'Hugoniot.*

IV. Le ressaut à la sortie de la tuyère, défini ci-dessus, permet ainsi de concevoir, pour toute valeur de λ comprise entre 0 et λ_1, la possibilité théorique d'un écoulement à gueule bée dans toute la tuyère *sans renoncer à l'hypothèse des tranches.*

V. Le phénomène du ressaut peut également se concevoir, à l'entrée d'une tuyère fonctionnant en diffuseur, pour un courant permanent et adiabatique de fluide compressible et parfait pénétrant dans ladite tuyère à partir d'un milieu à pression uniforme.

Dans ce cas, les lois (1), (2) et (3) s'appliquent encore, mais en attribuant les symboles accentués aux grandeurs avant traversée du ressaut. En tenant compte de la croissance nécessaire de l'entropie à travers le ressaut, on vérifie alors que la vitesse du courant qui pénètre dans la tuyère est abaissée par le ressaut au-dessous de la célérité du son.

---

[1] Cette conception, qui s'est montrée féconde dans l'étude d'autres phénomènes, a été appliquée notamment par M. E. Jouguet au cas d'ondes de choc et combustion (cf. *Mécanique des Explosifs*, p. 302, Doin, Paris, 1917).

VI. Généralisant ce qui précède à propos de l'étude des régimes d'écoulement permanent et adiabatique d'un fluide compressible et parfait à travers une tuyère ou un diffuseur quelconques, on peut toujours concevoir la possibilité théorique de tels régimes, et parfois la possibilité simultanée de plusieurs régimes de types distincts, *sans renoncer en aucun cas à l'hypothèse des tranches* et en ne faisant appel qu'à *trois sortes de singularités* constituées soit par l'onde de choc, soit par le ressaut, soit par la cessation ou la reprise, en certaines sections de l'ajutage, du contact du courant avec la paroi.

La détermination de ces régimes et, en particulier, de leurs propriétés dans une section quelconque du courant est particulièrement aisée en utilisant un diagramme de coordonnées p/p_0 et v/a_0 (p_0 et a_0, pression du fluide et célérité du son dans les conditions théoriques de départ du courant).

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure du coefficient d'échange thermique entre une paroi solide et un courant gazeux.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Pierre Vernotte**, transmise par M. Ch. Fabry.

Dans une Note précédente [1], au sujet de l'échauffement d'un thermomètre placé dans un courant gazeux, nous signalions que l'étude de l'établissement du régime d'échauffement permettrait d'atteindre le coefficient d'échange thermique, h, entre une paroi solide et un courant gazeux, la constante de temps étant le quotient de la capacité calorifique par le produit du coefficient h par la surface exposée au courant. Les expériences que nous venons d'effectuer dans un cas particulier ont montré que, tout au moins pour des vitesses suffisamment grandes, ce nouveau procédé de mesure mérite d'être utilisé.

Le dispositif expérimental diffère peu de celui déjà décrit (*loc. cit.*). Sur l'arbre d'un moteur électrique est montée une boîte fermée, en contreplaqué, ayant la forme extérieure d'un disque de $1^{cm},5$ d'épaisseur et de 100^{cm} de diamètre. Cette boîte est traversée à 45^{cm} de l'axe, par 6 masses de laiton équidistantes, de $17^{g},6$ chacune, et à 20^{cm} de l'axe par 7 masses identiques

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594.

aux précédentes. Chaque bloc de laiton vient affleurer à la surface extérieure, de chaque côté du disque, suivant une aire de 1^{cm^2}. Les masses constituent les soudures d'un circuit de 6 couples thermo-électriques manganine constantan en série. Deux soudures centrales voisines sont reliées, par l'intermédiaire de contacts mobiles en cuivre, à un galvanomètre de faible inertie de telle sorte que l'on connaît, à chaque instant, la différence de température entre les soudures marginales et les soudures centrales.

L'équilibre thermique entre toutes les soudures est réalisé, au début d'une expérience, par une légère ventilation. Puis, le moteur est lancé aussi vite que possible pour qu'une vitesse constante soit atteinte au bout de quelques secondes. Par suite de leur capacité calorifique notable, les soudures ne s'échauffent que lentement, et c'est ce qui rend la mesure possible. On note, en fonction du temps t, la déviation y du galvanomètre. Cette déviation prend une valeur constante et maximum, y_m, au bout de quelques minutes. La courbe expérimentale [1], $y = f(t)$, permet d'atteindre la valeur du coefficient d'échange, h, pour la paroi plane et l'air, à la vitesse v de la masse marginale.

En remarquant que les pertes par rayonnement et conduction sont faibles devant les pertes par convection, on obtient aisément pour l'expression des températures θ_1 et θ_2 des masses marginales et centrales, au même instant t :

(1) *masse marginale :* $\theta_1 = \theta_{1m}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ avec $\tau = \frac{k}{hs}$;

(2) *masse centrale :* $\theta_2 = \theta_{2m}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau'}}\right)$ avec $\tau' = \frac{k}{h's}$;

k, capacité calorifique de la masse de laiton; s, surface de la masse de laiton en contact avec l'air extérieur; h, coefficient d'échange à la vitesse v d'une masse marginale; h' coefficient d'échange à la vitesse v' d'une masse centrale; θ_{1m}, excès de la température de la soudure marginale sur la température ambiante quand le régime permanent est atteint; θ_{2m}, excès de la température de la soudure centrale sur la température ambiante quand le régime permanent est atteint.

A l'instant t, l'écart de température entre une soudure marginale et une

[1] Le moteur ne pouvant prendre instantanément une vitesse constante, l'origine des temps ne peut être définie qu'à quelques secondes près. Il est facile de voir, dans le calcul qui suit, que la position de l'origine des temps n'intervient pas dans le calcul de h.

soudure centrale est donné par

$$(3)\quad \theta = \theta_1 - \theta_2 = \theta_{1m} - \theta_{2m} - \theta_{1m} e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{2m} e^{-\frac{t}{\tau'}} = \theta_m\left(1 - \frac{\theta_{1m}}{\theta_m} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\theta_{2m}}{\theta_m} e^{-\frac{t}{\tau'}}\right),$$

où θ_m est l'écart de température entre les deux soudures marginale et centrale en régime permanent.

En remarquant que l'élévation de température, en régime permanent, est proportionnelle au carré de la vitesse (*loc. cit.*) et, par suite, dans le cas d'un disque de vitesse angulaire donnée au carré de la distance à l'axe et que le rapport θ/θ_m est égal au rapport y/y_m des déviations galvanométriques, l'équation (3) devient

$$(4)\quad \frac{y}{y_m} = 1 - \frac{r^2}{r^2 - r'^2} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{r'^2}{r^2 - r'^2} e^{-\frac{t}{\tau'}},$$

où r et r' sont les distances respectives des masses marginales et centrales à l'axe.

La courbe expérimentale donnant y en fonction de t ne permet guère de déterminer simultanément τ et τ' et, par suite, h et h'. Mais, puisque dans le deuxième membre de (4), le troisième terme est moins important que le deuxième, il est possible d'opérer par approximations successives, en se fixant, *a priori*, une relation entre le coefficient h et la vitesse v. Dans le cas actuel du plan, les travaux antérieurs conduisent à prendre h proportionnel à v, de sorte que l'équation (4) devient alors

$$\frac{y}{y_m} = 1 - \frac{r^2}{r^2 - r'^2} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{r'^2}{r^2 - r'^2} e^{-\frac{t}{\tau}\frac{r'}{r}}.$$

Posons $t/\tau = u$ et $y/y_m = z$. Il suffit de construire, une fois pour toutes, la courbe $z = f(u)$, pour remplacer la loi expérimentale $y = f(t)$ par la loi $u = f(t)$ et l'expérience donne bien, pour cette dernière fonction, une droite. Son coefficient angulaire hS/K donne tout de suite la valeur de h à la vitesse v de la masse marginale.

Les expériences ont été faites pour des vitesses comprises entre 40 m:s et 85 m:s. Si l'on porte la vitesse v en abscisses et le coefficient h en ordonnées, les points expérimentaux se placent, à 2 ou 3 pour 100 près, de part et d'autre d'une droite passant par l'origine. Si l'on exprime v en cm:s et h en watts par centimètre carré et par degré centésimal, on a, pour le plan,

$$h = 55 \times 10^{-7} v.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un moteur électrique utilisant l'énergie cinétique d'ions gazeux*. Note de MM. **Henri Chaumat** et **Édouard Lefrand**, transmise par M. A. Cotton.

Au cours de nos recherches en électrostatique nous avons eu l'occasion d'étudier un moteur qui, utilisant l'énergie cinétique d'ions gazeux, permet d'obtenir des couples relativement élevés sous des différences de potentiel de quelques milliers de volts seulement.

Un condensateur à diélectrique gazeux comprend deux armatures métalliques différentes : une pointe et une armature plane.

On sait que, lorsqu'un champ électrique de valeur assez grande existe entre les armatures, le gaz s'ionise et les ions se déplacent dans le champ électrique. Si, entre ces armatures, on interpose un disque en matière isolante, mobile autour d'un axe, de telle façon que la trajectoire moyenne des ions rencontre obliquement, dans le sens convenable, le plan du disque, un couple mécanique apparaît.

En effet, de part et d'autre du disque mobile, l'ionisation est beaucoup plus intense du côté de la pointe que du côté de l'armature plane. On obtient ainsi une véritable turbine ionique.

On réduit beaucoup l'ionisation du côté de l'armature plane en recouvrant sa surface d'un isolant.

On peut multiplier les condensateurs élémentaires tout autour du disque.

Nous avons construit un moteur qui comprend huit condensateurs élémentaires. Le disque a un diamètre de 21^{cm}; son épaisseur est de 1^{mm}. Le gaz utilisé est l'air à la pression ordinaire.

Alimenté en courant continu, il démarre seul sous 6000 V. A 15000 V., son couple au démarrage est de 80 centimètres-grammes; sa vitesse atteint 2800 tours par minute. A 1500 tours par minute, le couple utile est de 50 centimètres-grammes, ce qui correspond à une puissance utile de 0,77 watt.

Ce moteur, alimenté par une tension alternative de 50 périodes par seconde, fonctionne à peu près dans les mêmes conditions si le disque est d'une matière médiocrement isolante (bois, carton). Si le disque est en ébonite, le moteur, qui démarre toujours seul, se synchronise. Dans ce cas, en effet, les charges apportées par les ions demeurent sur le disque et subissent des actions synchrones de la part des armatures planes. La vitesse angulaire, au synchronisme, dépend directement du nombre des condensateurs périphériques.

SYSTÈMES DISPERSÉS. — *Sur le calcul du rayon moyen des granules d'un système dispersé.* Note [1] de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente [2], j'ai montré que la variation du potentiel électrocinétique ψ, des grains d'un système dispersé sous l'action des électrolytes, pouvait être calculée, du moins pour les grandes dilutions, à partir de la théorie de Debye-Hückel. On a, en effet,

$$(1) \qquad \frac{\psi_0 - \psi}{\psi_0} = \frac{aA\sqrt{\mu}}{1 + aA\sqrt{\mu}},$$

où $(\psi_0 - \psi/\psi_0)$ représente la variation relative du potentiel, μ la force ionique de l'électrolyte, a le rayon moyen des grains et A une constante égale à $0{,}233.10^8$ quand la température est de 25°. Pour des systèmes dispersés très différents en présence de nombreux électrolytes, on vérifie que, pour les très faibles concentrations, le dénominateur étant sensiblement égal à 1, on a

$$(2) \qquad \frac{\psi_0 - \psi}{\psi_0} = aA\sqrt{\mu};$$

la pente de la partie rectiligne de la courbe représentant la variation de $(\psi_0 - \psi/\psi_0)$ en fonction de $\sqrt{\mu}$, divisée par A, donne alors le diamètre a.

On peut obtenir une valeur plus satisfaisante en considérant la fonction $z = (1 - \psi/\psi_0)\sqrt{\mu}$; la relation (1) devient alors (3) : $z = 1/aA + \sqrt{\mu}$; la droite représentant la variation de z en fonction de $\sqrt{\mu}$ doit avoir comme coefficient angulaire l'unité et son ordonnée à l'origine $1/aA$ permet de calculer le rayon moyen des grains. Si l'on construit les courbes $z = f(\sqrt{\mu})$ pour les suspensions de mastic et de gomme-gutte et les solutions colloïdales d'oxyde de fer et de sulfure d'arsenic ayant fait l'objet de la Note précédente, on vérifie que la relation (3) est satisfaisante pour les électrolytes monovalents pour des concentrations ne dépassant pas 3 à 4.10^{-4} m : g par litre; dans tous les autres cas, cette relation peut être considérée comme une loi limite, la courbe représentant la variation de z, d'abord tangente à la droite théorique, s'en écarte d'autant plus que la valence des ions consti-

---

(1) Séance du 18 juillet 1932.

(2) R. Audubert, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 210.

tutifs est plus élevée; avec les électrolytes contenant des ions trivalents, en particulier, la courbe présente un minimum accentué. Cet écart peut être attribué à une variation de la charge par adsorption ionique. Les ions H^+ se comportent comme les ions polyvalents.

Quoi qu'il en soit, l'ordonnée à l'origine de ζ permet de calculer le rayon moyen des grains. Les résultats suivants ont été obtenus pour les systèmes dispersés cités plus haut :

Mastic	$0,91.10^{-6}$ cm	$0,98.10^{-6}$ cm
Gomme-gutte	0,65 »	0,67 »
Sulfure d'arsenic	1,30 »	1,43 »
Oxyde de fer	0,64 »	0,65 »

Les nombres de la première colonne ont été calculés à partir de la relation approchée (2), ceux de la deuxième à partir de la relation (3).

Ces résultats sont tout à fait acceptables, comme on peut le vérifier en effectuant sur ces systèmes une détermination grossière du rayon par numération et pesée.

J'ai cherché à obtenir une vérification plus précise, en appliquant la méthode à des suspensions de mastic et de gomme-gutte sélectionnées par centrifugation fractionnée et calibrées microscopiquement : le calcul, à partir de la théorie, donne dans ce cas des valeurs beaucoup plus faibles que l'observation directe; la méthode ne semble donc pas s'appliquer, sans correction, aux graines de dimensions microscopiques.

En résumé, si l'on regarde, ce qui est vrai aux grandes dilutions, le potentiel électrocinétique comme obéissant à la théorie de Debye-Hückel, on peut calculer le rayon moyen des granules d'un système dispersé submicronique au moyen des relations déduites de cette théorie.

INFRAROUGE. — *Sur les spectres de vibration de quelques molécules polyatomiques.* Note de M. **Radu Titeica**, présentée par M. Jean Perrin.

Le spectre de vibration des molécules polyatomiques a été discuté par différents auteurs (Hund, *Z. Physik*, 31, 1925, p. 81; Dennison, *Rev. Mod. Phys.*, 1931, p. 280) et l'on peut, en général, donner une classification des bandes suivant les différents degrés de liberté respectifs et la configuration particulière du modèle étudié.

Ces résultats peuvent s'étendre à des molécules plus compliquées, telles HCHO, acétone ou autres cétones supérieures, ainsi qu'il ressort de la comparaison des fréquences d'absorption infrarouges avec les fréquences Raman correspondantes.

Nous avons mesuré les bandes infrarouges des substances à l'état de vapeur à basse pression, à l'aide d'un spectrographe Hilger D 42, à prisme en sel gemme, et d'un galvanomètre Zernicke Z_c.

Pour la molécule de HCHO, la théorie prévoit six fréquences fondamentales, trois d'entre elles, ν_1, ν_2 et ν_4, étant dues au triangle CH_2, deux ν_3 et ν_5 l'atome d'oxygène qui se déplace perpendiculairement et parallèlement à l'axe de symétrie du système, et ν_6 étant une fréquence de déformation, perpendiculaire au plan de la molécule. Le spectre Raman contient cinq bandes. Nous avons déterminé la courbe d'absorption jusqu'à $6^{\mu},2$. Les résultats sont contenus dans les premières lignes du tableau I. Les lignes III et IV donnent les résultats de Salant et West [1] et Nielsen et Patty [2].

TABLEAU I.

	$16\nu_3$.	$4\nu_5$.	$3\nu_5$.	$8\nu_3$.	ν_1 ; ν_4.	$4\nu_3$.	ν_5.	ν_2.	$2\nu_3$.	ν_6.
$\lambda\mu$.....	–	1,47	–	–	3,37	4,78	5,70	–	–	–
ν cm^{-1}...	–	6803	–	–	2961	2098	1754	–	–	–
S.-W....	8000	7143 ; 6944	5649 ; 5434 ; 5235	4587	3021 ; 2958 ; 2882	–	–	–	–	–
N.-P....	8000	7143	5555	4347	2967 ; 2841 ; 2770	2083	–	–	–	–
Raman...	–	–	–	–	2945	–	1768	1461	1039	917

Les six fréquences fondamentales seraient donc $\nu_1 = 2945$; $\nu_2 = 1461$; $\nu_3 = 520$; $\nu_4 = 2945$; $\nu_5 = 1768$ et $\nu_6 = 917$. Nous avons attribué à ν_3 la valeur 520, donc la moitié de la fréquence Raman 1039. Cette fréquence se retrouve à 526 dans le spectre de l'acétone où elle est particulièrement intense et paraît bien être due à la vibration du même groupement.

Mecke [3], qui donne le schéma des vibrations, leur assigne les valeurs : $\nu(\pi,s) = 2945$; $\delta(\pi) = 1461$; $\delta(\sigma) = 1040$; $\nu(\sigma) = 2945$; $\nu(\pi,a) = 1770$ et $\delta'(\sigma) = 920$, ses $\nu(\pi,s)$; $\delta(\pi)$; $\delta(\sigma)$; $\nu(\sigma)$; $\nu(\pi,a)$ et $\delta'(\sigma)$ étant nos fréquences $\nu_1, \ldots, \nu_6$ respectivement. Herzberg et Franz [4] obtiennent dans le spectre de fluorescence les trois fréquences 600, 1023, 1713. Ils croient pouvoir attribuer la valeur 1023 à ν_2 et 1713 à ν_5.

(1) SALANT et WEST, *Phys. Rev.*, 33, 1929, p. 640.
(2) NIELSEN et PATTY, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 957.
(3) MECKE, *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 53.
(4) HERZBERG et FRANZ, *Z. f. Physik*, 76, 1932, p. 720.

Le Tableau II donne les résultats des mesures faites sur l'acétone. Pour un modèle de ce genre la théorie prévoit 10 fréquences fondamentales distinctes, six étant dues au groupement $(CH^3)^2CO$ et quatre appartenant à CH^3.

TABLEAU II.

	$8\nu_3$.	$2\nu_5$.	ν_9.	ν_8.	ν_{10}.	$4\nu_3$.	ν_5.	ν_7.	$\nu_3+\nu_6$.
$\lambda\mu$	2,35	–	–	–	3,42	4,71	5,83	6,97	7,20
ν cm^{-1}	4251	–	–	–	2923	2122	1715	1434	1388
ν Coblentz	–	–	–	–	2923	–	1724	1428	–
ν Lecomte (1)	–	3448	–	–	2903	2092	1694	1414	1338
ν Marton (2)	4115	3378	3067	–	–	–	–	–	–
Raman	–	–	3003	2969	2925	–	1712	1430	1340

	ν_4 ; ν_1.	$2\nu_3$.	ν_2.	$\nu_7-\nu_3$.	ν_6.	ν_3.	$\nu_7-\nu_2$.	$\nu_2-\nu_3$.
$\lambda\mu$	8,19	9,09	10,10	11,07	12,80	–	–	–
ν cm^{-1}	1221	1100	990	903	781	–	–	–
ν Coblentz	1222	1087	–	–	787	–	–	–
ν Lecomte	–	–	–	–	–	–	–	–
ν Marton	–	–	–	–	–	–	–	–
Raman	1192 ; 1223	1069	925	904	788	526	490	376

La même classification peut être donnée pour des molécules plus compliquées, telles $CH^3 - CO - C^2H^5$ ou $C^2H^5 - CO - C^2H^5$, qui possèdent un plus grand nombre de fréquences fondamentales.

SPECTROSCOPIE. — *L'absorption de la lumière par l'ozone entre* 3050 *et* 3400 Å (*région des bandes de Huggins*). Note de MM. **NY TSI-ZE** et **CHOONG SHIN-PIAW**, transmise par M. Ch. Fabry.

Nous avons repris les mesures de coefficients d'absorption de l'ozone dans toute l'étendue de la bande de Huggins par la méthode de photométrie photographique, en employant, comme source lumineuse, le tube à hydrogène de Chalonge et Lambray et, comme appareil dispersif, le spectrographe E_1 de Hilger à optique de quartz. Nous avons employé des tubes d'absorption ayant comme longueur, en centimètres : 14,5, 55,8 et 133, et fait varier l'épaisseur de l'ozone de 0,2 à 6^{cm} environ. Les résultats obtenus pour les coefficients d'absorption α sont contenus dans le tableau suivant :

(1) LECOMTE, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1481.
(2) MARTON, *Z. f. Phys. Chem.*, **117**, 1925, p. 97.

λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.
3401,0	0,035	3344,5	0,060	3287,0	0,108	3223,5	0,275
3398,2	0,023	3343,7	0,057	3286,6	0,104	3223,0	0,272
3397,4	0,026	3338,0	0,088	3282,0	0,160	3220,4	0,336
3396,4	0,024	3333,5	0,056	3281,5	0,156	3216,2	0,240
3395,0	0,030	3332,5	0,059	3279,0	0,181	3213,8	0,248
3391,0	0,013	3332,0	0,0575	3276,5	0,120	3213,0	0,245
3389,5	0,020	3331,4	0,060	3275,2	0,123	3212,3	0,266
3388,6	0,0185	3329,6	0,050	3274,8	0,118	3211,4	0,252
3387,6	0,023	3329,0	0,053	3274,3	0,127	3209,8	0,273
3387,0	0,021	3327,8	0,043	3273,8	0,123	3209,2	0,254
3386,2	0,023	3325,0	0,051	3271,9	0,136	3205,7	0,243
3385,7	0,020	3324,3	0,047	3269,2	0,109	3205,0	0,330
3384,6	0,024	3322,2	0,053	3268,5	0,111	3200,0	0,420
3384,2	0,017	3321,2	0,050	3267,8	0,105	3198,0	0,377
3383,3	0,023	3319,2	0,067	3267,0	0,114	3197,4	0,412
3382,4	0,021	3318,7	0,064	3266,3	0,112	3196,7	0,405
3380,4	0,034	3317,5	0,079	3263,8	0,126	3194,3	0,428
3379,8	0,032	3317,1	0,0775	3263,3	0,123	3190,2	0,356
3378,0	0,042	3316,0	0,087	3262,4	0,142	3186,2	0,398
3377,4	0,040	3315,5	0,085	3261,8	0,138	3185,0	0,390
3376,5	0,050	3311,8	0,122	3260,6	0,150	3182,3	0,450
3375,8	0,044	3311,0	0,110	3260,0	0,148	3181,8	0,420
8372,0	0,062	3310,5	0,118	3256,5	0,195	3180,0	0,515
3368,3	0,040	3308,4	0,087	3256,0	0,193	3178,8	0,496
3367,5	0,042	3307,9	0,093	3254,6	0,207	3178,4	0,53
3366,7	0,039	3307,3	0,088	3253,0	0,190	3177,7	0,50
3365,3	0,044	3305,9	0,101	3248,2	0,240	3175,7	0,595
3364,8	0,039	3305,1	0,098	3245,2	0,174	3173,0	0,535
3364,3	0,041	3304,5	0,105	3243,8	0,178	3170,2	0,58
3363,0	0,036	3304,0	0,098	8243,0	0,176	3167,2	0,535
3362,4	0,037	3303,4	0,107	3242,2	0,180	3166,5	0,555
3361,9	0,031	3301,0	0,065	3240,6	0,169	3165,6	0,545
3361,4	0,033	3300,4	0,067	3240,0	0,171	3163,8	0,60
3359,5	0,027	3299,2	0,060	3239,2	0,163	3163,0	0,59
3358,2	0,031	3296,9	0,070	3236,2	0,176	3161,0	0,62
3357,4	0,0285	3296,4	0,068	3235,8	0,174	3160,0	0,61
3355,6	0,031	3295,7	0,071	3234,2	0,198	3154,5	0,75
3354,2	0,030	3295,0	0,066	3233,7	0,192	3151,0	0,71
3353,4	0,033	3293,2	0,079	3232,0	0,223	3149,7	0,74
3353,0	0,031	3292,2	0,077	3231,7	0,220	3148,8	0,725
3351,0	0,0355	3290,7	0,086	3229,3	0,247	2147,8	0,745
3350,4	0,034	3290,2	0,082	3229,0	0,240	3146,7	0,73
3345,7	0,056	3289,2	0,095	3226,2	0,320	3146,0	0,76
3345,0	0,053	3288,8	0,092	3224,5	0,272	3145,0	0,75

λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.
3138,0	0,91	3119,7	1,05	3098,6	1,50	3076,2	1,95
3137,5	0,90	3113,0	1,27	3097,4	1,47	3072,9	2,07
3135,0	0,98	3111,8	1,22	3096,0	1,52	3072,3	2,04
3134,2	0,95	3111,0	1,26	3095,2	1,48	3069,8	2,19
3133,7	0,97	3110,3	1,22	3092,0	1,70	3069,2	2,16
3130,5	0,93	3109,5	1,29	3091,5	1,66	3066,0	2,35
3129,4	0,95	3108,7	1,22	3089,3	1,79	3065,2	2,32
3128,5	0,94	3108,0	1,26	3088,3	1,77	3063,4	2,42
3127,0	0,98	3107,2	1,25	3087,3	1,84	3062,7	2,40
3126,5	0,96	3106,7	1,36	3086,3	1,81	3060,7	2,49
3125,2	1,01	3105,7	1,33	3085,7	1,85	3059,7	2 46
3125,0	0,98	3105,2	1,31	3084,3	1,82	3056,3	2,55
3121,9	1,07	3104,5	1,28	3080,8	1,93	3055,3	2,53
3121,2	1,03	3102,0	1,48	3079,7	1,91	3053,5	2,65
3120,4	1,11	3101,2	1,45	3077,5	1,97	3052,6	2,58

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Sur les doubles liaisons conjuguées.* Note de M. M. **Bourguel**, présentée par M. Matignon.

Dans plusieurs Notes antérieures [1], j'ai relaté les résultats obtenus dans l'étude systématique de la fréquence principale caractéristique de la double liaison C = C, voisine de 1600 cm^{-1}. On sait d'autre part que la fréquence caractéristique de la double liaison C = O est voisine de 1700 cm^{-1}.

J'ai montré en particulier quelles étaient les influences des substitutions sur les dérivés éthyléniques de formes $CH^2 = CHR$ et $R.CH = CH.R'$.

Or, si l'on passe aux composés dans lesquels deux liaisons éthyléniques sont conjuguées, c'est-à-dire qu'elles correspondent à la formule générale $RCH = CH - CH = CH.R'$, on constate que les fréquences correspondant aux doubles liaisons ne sont plus celles que l'on pourrait déduire des fréquences des composés une seule fois éthyléniques : par rapport à celles-ci, elles sont abaissées dans des proportions variables, de quelques cm^{-1} à près de 50 cm^{-1}. Quelquefois (isoprène), au lieu de deux fréquences différentes, on n'en trouve plus qu'une; la plupart du temps, elles sont abaissées toutes les deux, dans des proportions comparables. En outre, ce phénomène se produit encore si l'une des liaisons conjuguées est l'une des liaisons de

[1] M. Bourguel, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 934; **194**, 1932, p. 1736; **195**, 1932, p. 129.

Kékulé d'un noyau benzénique, mais alors la fréquence correspondant à cette liaison intra-nucléaire n'est pas modifiée par rapport à la fréquence caractéristique 1600 cm^{-1} des dérivés monosubstitués du benzène. On peut remarquer que les trois liaisons du noyau benzénique sont déjà des liaisons conjuguées (¹) et ce fait peut expliquer, d'autre part, l'abaissement à 1600 pour le toluène, par exemple, de la fréquence éthylénique, qui est de 1654 pour le cyclohexène. Il n'est pas étonnant qu'une conjugaison supplémentaire ne change plus rien.

Cet abaissement des liaisons se produit encore lorsque l'une des liaisons est une liaison $C = O$ (aldéhydes ou cétones) ou même une liaison triple acétylénique (phénylacétylène et phényl-1-propine-1). On peut y voir la cause de l'abaissement de fréquence déjà signalé pour $CH^2 = CHR$ lorsque $R = CHO$ ou C^6H^5.

En même temps, comme je l'ai déjà signalé, on observe un renforcement parfois considérable de l'intensité du rayonnement diffusé, phénomène particulièrement net dans le cas de l'aldéhyde cinnamique et de l'acroléine, pour lesquelles des poses de quelques minutes suffisent pour obtenir des spectres complets, alors que plusieurs heures sont nécessaires, dans le cas général et avec le même appareillage, pour obtenir le même résultat (avec les carbures saturés, par exemple, il faut au moins huit heures; avec les éthyléniques simples, cinq heures environ).

Le tableau ci-après donne la comparaison entre les fréquences observées et celles que l'on devrait attendre, d'après les composés simplement éthyléniques les plus voisins. La plupart des chiffres ont été déduits de spectres exécutés dans mon laboratoire, seuls ceux marqués d'un astérisque sont dus à d'autres auteurs (²).

Corps étudié.	Fréquences observées.	Fréquences théoriques.
Butadiène-1-3*	1634	1642
Isoprène (méthyl-2-butadiène-1-3)	1640	1642-1651
Pipérylène* (pentadiène-1-3)	1597-1646	1642-1674
Diméthyl-2-3-butadiène-1-3*	1625	1651
Styrolène	1601-1636	1600-1642
Phényl-1-propène-1 (trans)	1599-1664	1600-1674
Phényl-1-propène-1 (cis)	1599-1642	1600-1658
Acroléine (propénal	1618-1692	1642-1725
Ald. crotonique (trans) (butène-2-al-1)	1642-1690	1674-1725
Ald. cinnamique (trans) (phényl-3-propène-2-al-1)	1600-1629-1676	1600-1674-1725
Phénylacétylène	1601-2111	1600-2121
Phényl-1-propine-1	1599-2213-2223	1600-2233-2305

(¹) F. KOHLRAUSCH, *Der Smekal-Raman-Effekt*, p. 238.

(²) DADIEU et KOHLRAUSCH, *Berichte d. d. Ch. Ges.*, 63, 1930, p. 1657.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Application de la spectrographie Raman à l'étude de l'isomérie rhodinol-citronnellol.* Note de Mlle **B. Grédy**, présentée par M. Matignon.

D'après les travaux de nombreux auteurs, le citronnellol et le rhodinol seraient constitués par des mélanges différents de deux alcools $C^{10}H^{20}O$ isomères auxquelles on attribue les formules :

$$CH^2OH - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}} = CH^2$$

Forme α.

et

$$CH^2OH - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2 - CH = \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}} - CH^3$$

Forme β.

Ainsi Verley ([1]) admet que le citronnellol représente la forme α pure et le rhodinol la forme β pure aussi, tandis que Dœuvre ([2]) a conclu de ses recherches que tous deux sont des mélanges : le premier contenant 80 pour 100 de la forme β et 20 pour 100 de la forme α, le second au contraire contenant des proportions égales des deux constituants.

Il m'a paru intéressant d'appliquer la spectrographie Raman à l'étude de cette isomérie. M. Bourguel a démontré en effet ([3]) ([4]) que, dans le spectre de tout composé éthylénique, on trouve une raie forte vers 1600, la fréquence variant avec les substitutions *proches* de la double liaison tandis qu'elle ne dépend pas des fonctions éloignées.

J'ai donc cherché à comparer le spectre Raman des deux alcools à ceux de carbures éthyléniques de constitutions sûres, préparés par déshydratation sulfurique d'alcools obtenus eux-mêmes par synthèse.

Voici les carbures que j'ai préparés avec leur origine et leur fréquence caractéristique voisine de 1600 :

([1]) Verley, *Bull. Société chimique*, 4e série, 43, 1928, p. 345.
([2]) J. Dœuvre, *Thèse*, 1928.
([3]) Bourguel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934.
([4]) Bourguel, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1736.

Nom.	Formule.	Origine.	Fréquence en cm^{-1}.
Méthyl-2-octène-1....	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{C}=CH^2$	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{CH}-CH^2OH$	1647
Méthyl-2-octène-2....	$C^5H^{11}-CH=C(CH^3)^2$	$C^6H^{13}-COH-(CH^3)^2$	1677
Méthyl-3-nonène-3...	$C^6H^{11}-CH=\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{C}-C^2H^5$	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{CO}H-C^2H^5$	1670
Éthyl-2-octène-1.....	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ C^2H^5}}{C}=CH^2$	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{CO}H-C^2H^5$	1646
Méthyl-3-nonène-2...	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{C}=CH-CH^3$	$C^6H^{13}-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{CH}-CH^2OH-CH^3$	1672
Carbures éthyléniques en chaîne droite....	$R-CH=CH^2$	....	1642

Le premier carbure comporte l'enchaînement terminal de l'alcool de forme β, le second celui de la forme α.

Or le citronellol commercial (Organico) m'a donné une raie forte à 1677, qui correspond évidemment à la forme β, et une raie très faible vers 1645, représentant au plus 1 pour 100 de la forme α.

D'autre part le rhodinol (de même provenance) a été séparé après plusieurs tours de distillation en 10 fractions qui ont donné une raie forte *large* de fréquence moyenne voisine de 1675 mais dont le milieu passe de 1673 à 1677 suivant les fractions. Cette différence est nettement supérieure à l'incertitude des mesures qui est de ± 1 cm^{-1} environ et peut être expliquée par la superposition de deux raies vers 1673 et 1677, d'intensités relatives variables d'une fraction à l'autre et non séparables avec l'appareils dont je disposais.

Une raie faible accompagne la raie principale, sa fréquence est de 1642.

Il semble résulter de ce travail :

1° Que le citronnellol étudié est constitué presque uniquement par la forme β avec très peu de la forme α.

2° Que le rhodinol étudié contient aussi de l'alcool de forme β mais pas d'alcool de forme α, celui-ci étant remplacé par un mélange de deux alcools dont la chaîne se termine par :

$$-CH-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{C}=CH-CH^3 \quad \text{et} \quad -CH-\underset{\substack{\vert \\ CH^3}}{CH}-CH=CH^2$$

et dont le second n'existe qu'en très petite quantité.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le mécanisme des phénomènes de rayonnement ultrapénétrant* (rayons cosmiques). Note de M. **D. Skobelzyn**.

Les observations du rayonnement ultrapénétrant par la méthode de détente qui fait apparaître les trajectoires des rayons ultra β, révèlent une particularité importante de ce phénomène : l'apparition simultanée de plusieurs trajectoires de directions voisines représentant un groupe de rayons d'origine commune. J'ai signalé ces faits en 1929 (1). Ils ont été observés plus récemment par Locher (2) ainsi que par Millikan et Anderson (3). Rossi (4) a également pu les mettre en évidence par la méthode des compteurs à fil. L'importance de l'effet en question a été soulignée tout récemment par Heisenberg (5).

J'exposerai dans cette Note quelques résultats obtenus au cours d'une série d'observations effectuées en 1930-1931, sur les données statistiques suivantes :

Nombre de trajectoires ultra β par cliché.		0.	1.	2.	3.	4.
Nombre de clichés	ancienne série............	600	23	3	1	—
	nouvelle série............	1100	100	11	7	1

Dans ce qui suit les deux séries sont considérées dans leur ensemble. Les faits suivants doivent être notés :

1° Le seul groupe observé constitué par 4 trajectoires ultra β présente un faisceau *qui diverge de bas en haut*. L'examen stéréométrique, effectué en utilisant la méthode Pulfrich, conduit à des conclusions définitives quoique inattendues, relatives à l'origine de ce groupe.

Trois des trajectoires, prolongées vers le bas, coupent la quatrième à des niveaux différents. Il s'agit donc d'un rayon corpusculaire d'énergie très élevée, *émis de bas en haut*, qui a produit trois branches (elles-mêmes d'énergie très élevée) en trois points différents de son parcours (profondeur relative au plan focal : 22, 10-12 et 2^{cm},5), les angles correspondants des directions primaire et secondaires étant resp. 5°, 25° et 39°.

(1) D. Skobelzyn, *Zs. f. Phys.*, **54**, 1929, p. 686; *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 118.

(2) G. Locher, *Phys. Rev.*, **39**, 1932, p. 304.

(3) R. Millikan et C. Anderson, *Phys. Rev.*, **40**, 1932, p. 325.

(4) B. Rossi, *Phys. Zs.*, **33**, 1932, p. 304; voir aussi T. Johnson, *Phys. Rev.*, **40**, 1932, p. 638.

(5) W. Heisenberg, *Ann. der Phys.*, **13**, 1932, p. 430.

On peut encore observer sur trois clichés différents l'existence de deux rayons dont les directions, prolongées vers le bas, se rencontrent. L'existence de rayons *dirigés de bas en haut* semble donc bien établie. Ce résultat, contraire à toute prévision, semble en accord avec une observation publiée récemment par Rossi (*loc. cit.*).

En tenant compte du fait que la production de branches pour les directions anormales (de bas en haut) est favorisée par la traversée du support massif de l'appareil et du bloc de plomb (ou de bois) se trouvant immédiatement sous le piston, on peut admettre que la proportion de rayons inverses est de quelques pour-cent de l'intensité totale.

2° On peut observer sur trois clichés des paires de trajectoires issues (sous les angles $\theta = 11^\circ$, 21° et 30°), d'un même point, du gaz à l'intérieur même de la chambre de détente. L'intersection est bien visible dans l'un des trois cas ($\theta = 30^\circ$); le rayon secondaire a une courbure visible (¹) indiquant un trajet électronique d'énergie voisine de 3.10^6 volts. Dans un autre cas, l'intersection se trouve dans la région non éclairée et n'est pas visible. Les rayons deviennent visibles à moins de 1^{mm} de ce point d'intersection.

3° Parmi les autres groupes observés, il y a six cas nets de convergence de deux rayons *vers le haut*. Il existe probablement encore quelques paires de trajets issus d'un même point, mais, dans la plupart des cas, les directions des paires de trajets appartenant au même groupe ne sont pas coplanaires. L'émission de trois rayons du même centre n'était jamais observée. Les cas où la tige d'une filiation est visible avec ses descendants sont rares (il n'y a qu'un cas, peut-être parmi les groupes triples).

4° Dans l'un des cas cités sous 3°, où l'émission de deux rayons a lieu du même centre, *les deux directions font un angle de* 98°, dans un autre de 56°, la valeur de l'angle dans la plupart des cas étant comprise entre 5° et 40°.

Il est certain en ce qui concerne le mécanisme de production de nombreux groupes triples, qu'ils sont formés par des rayons secondaires (des branches) produits par un rayon primaire, ionisant (²) ou non ionisant (³), à différents points de son parcours. Dans ce cas, on peut supposer un mécanisme de choc élastique entre la particule primaire et un électron ou un

---

(¹) Due au champ magnétique.

(²) W. Heisenberg, *loc. cit.*

(³) P. Auger et D. Skobelzyn, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 55. Cette éventualité est à retenir en vue de remarques faites sous 3°.

proton « libre ». Il y a, parmi les paires observées, des fourches (notamment dans les cas cités sous 2°) dont le caractère correspond parfaitement à ce mécanisme envisagé par Heisenberg, quoique la fréquence de ce type soit plus élevée que l'on ne pouvait le supposer en se basant sur la mécanique classique. Les faits cités sous 1° et 4° montrent que ce mécanisme ne suffit pas à l'explication de l'ensemble des faits observés.

Cette conclusion est en accord avec les observations de Millikan et Anderson. On se trouve, dans ce domaine, en présence de phénomènes nouveaux d'interaction entre un rayonnement d'énergie très élevée et le noyau de l'atome, phénomènes dont l'interprétation complète dans le cadre de la dynamique ordinaire ne sera peut-être pas possible.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Structure fine du spectre magnétique des rayons α du radium.* Note de M. S. **Rosenblum**, présentée par M. J. Perrin.

O. Hahn et L. Meitner [1] ont établi que le radium émettait en plus du rayonnement α un rayonnement γ. L'énergie du quantum γ qui accompagne la transformation du radium est de 189 eKV.

Dans un travail récent E. Stahel [2] a montré que le nombre des quanta était de quelques pour-cent du nombre des atomes de radium désintégrés par émission α. Le rayonnement γ est dans le cas du radium d'après G. Gamow [3] provoqué par le retour à un niveau fondamental d'un proton ou d'un hélion nucléaires, soulevés à un état énergétique supérieur aux dépens de l'énergie d'émission d'une partie des rayons α. L'émission γ se fait immédiatement après l'émission α. D'après Gamow on devrait donc s'attendre à trouver *deux composantes dans l'émission α du radium* dont une beaucoup moins intense et ayant une énergie moindre différant de 189 eKV. de la composante principale. L'étude du rayonnement α du radium à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences présentait donc un intérêt tout particulier.

Les difficultés de la préparation d'une source rayonnante convenable sont cependant très grandes. La vie du radium est longue et le nombre relatif d'atomes transformés par l'unité du temps extrêmement petit ($1 : 10^{11}$).

(1) Hahn et Meitner, *Phys. Zeit.*, **10**, 1909, p. 741; *Zeit. f. Phys.*, **26**, 1924, p. 161.

(2) E. Stahel, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 608.

(3) G. Gamow, *Const. of atomic nuclei and radioactivity*, 1931.

Pour une source même peu intense on est gêné par le ralentissement des rayons α dans la couche active. Celle-ci doit donc être très homogène, concentrée et peu épaisse. La préparation très délicate de la source a été effectuée en vue de ce travail par M. A. Debierne. Elle a été obtenue par précipitation du radium à l'état de carbonate sur une petite plaquette de verre couverte d'une pellicule mince de gélatine. La densité du corps actif était de $0^{mg},2$ Ra. él. par cm² environ. La partie rayonnante utilisée était de 3^{cm} de longueur et de $0^{mm},6$ à $0^{mm},9$ de largeur.

Les images obtenues pour les raies principales du radium et de ses dérivés dans la suite des transformations radioactives sont nettement délimitées du côté des grandes vitesses et présentent un dégradé vers les faibles vitesses dues aux rayons ralentis. On a pris 10 clichés en variant le temps de pose, l'ouverture des fentes et l'endroit de la plaquette active utilisée. Quelques clichés ont été pris avec la source fraîchement préparée et ne contenant que très peu de radon, et l'on a répété les essais avec la source vieillie où les intensités des raies dues aux dérivés étaient comparables à celles de la raie principale du radium. (Le radon reste en effet occlus dans le sel et les clichés obtenus ne sont pas voilés.) Les raies principales apparaissent après un temps d'exposition de 5 minutes environ. Pour les poses longues (3 à 12 heures) on voit apparaître dans le dégradé de la raie forte du radium une raie faible moins rapide et distante de 5^{mm} environ.

Voici les résultats obtenus :

$$V\alpha\ \mathrm{Ra} = 1.517 \times 10^9 \mathrm{cm : sec.}$$
$$V\alpha_1\ \mathrm{Ra} = 1.48_8 \times 10^9 \mathrm{cm : sec.}$$
$$V\alpha\ \mathrm{Rn} = 1.623 \times 10^9 \mathrm{cm : sec.}$$

Les vitesses sont calculées en admettant pour le RaA (qui existe sur plusieurs clichés) $V\alpha \mathrm{RaA} = 1,698 \times 10^9$ cm : sec (¹).

Nous remarquons que c'est pour la première fois que l'on détermine directement la vitesse des rayons α du radium. La valeur trouvée diffère de 4/1000ᵉ de celle admise en général et qui est calculée d'après la relation de Geiger liant les vitesses au parcours (²). Nous trouvons pour la différence $\alpha \mathrm{Ra} - \alpha_1$ 185 eKV en accord avec le nombre de Hahn et Meitner relatif au quantum γ (nous estimons la précision de notre nombre à 10 pour 100). L'évaluation préliminaire de l'intensité de la nouvelle raie

(¹) S. ROSENBLUM et G. DUPOUY, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1919.

(²) E. RUTHERFORD, CHADWICK et ELLIS, *Radiations of radioactives substances*, p. 86.

indique un ordre de grandeur compatible avec les résultats de Stahel. Les clichés obtenus seront donnés dans une publication ultérieure. Nous espérons reprendre ces expériences dans le but de préciser les résultats qui apportent un nouvel argument pour la liaison entre le rayonnement γ et la structure fine des rayons α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la vitesse de combustion, à basse température, des poudres colloïdales.* Note (¹) de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

Trois formules ont été proposées pour représenter la variation de la vivacité de combustion en fonction de la température de la poudre :

1° La première, proposée par Yamaga, est basée sur l'hypothèse que le logarithme de la vivacité est une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue de la poudre (voir Yamaga, *Mémorial de l'Artillerie française*, 10, 1931, p. 867).

2° La seconde, déduite de tirs au canon, est basée sur l'hypothèse que la vivacité est une fonction linéaire de la température de la poudre.

3° La troisième est basée sur l'hypothèse que $\int p\,dt$ (inverse de la vivacité) est une fonction linéaire de la température de la poudre.

Sur le graphique ci-joint, nous avons porté les courbes calculées à partir de ces trois formules, la vivacité à 18° étant, pour les trois formules, représentée par 100.

La courbe n° 3 a été calculée en utilisant les résultats expérimentaux publiés dans notre précédente Note (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1927).

Nous avons porté sur ce graphique les résultats expérimentaux obtenus :

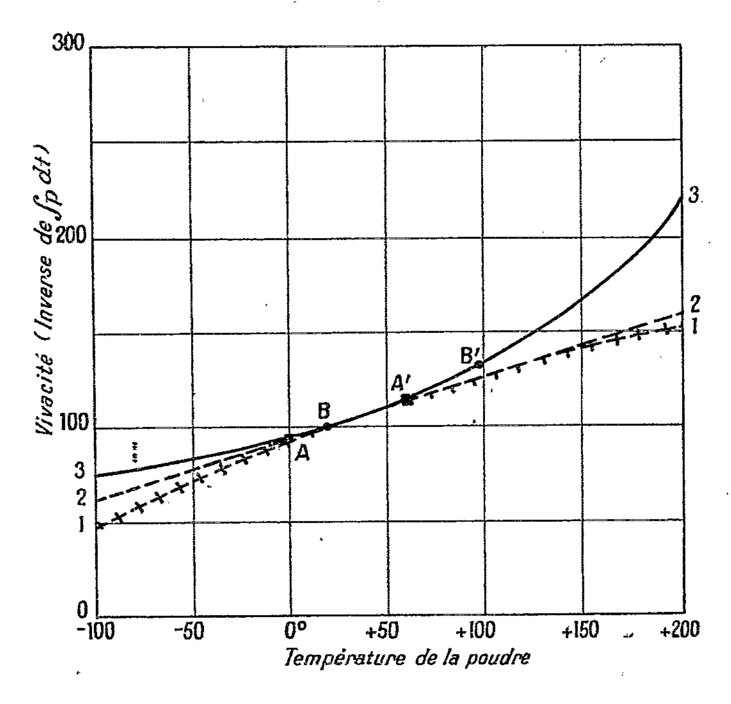
A. Par Yamaga à 0° et 60° (A et A');

B. Par nous-même à 20° et 97° (B et B').

On constatera immédiatement que les expériences actuellement exécutées ne permettent pas de choisir entre les différentes formules proposées. En effet les trois courbes se superposent pour les températures moyennes et ne divergent qu'à haute ou à basse température.

(¹) Séance du 27 juin 1932.

Si l'on veut exécuter des expériences à haute température (au-dessus de 100°) on se trouve rapidement arrêté par l'inflammation spontanée de la poudre. Nous avons donc étudié la vitesse de combustion des poudres à — 80° (Bombe refroidie pendant 15 heures dans de l'acide carbonique solide). Le mode opératoire était le même que celui utilisé pour les expériences à haute température, le crusher étant ici maintenu, au moment du tir, à une température voisine de la température ordinaire par l'écoulement d'une solution de chlorure de calcium à composition voisine de l'eutectique. On s'est heurté dans ces expériences à d'assez grandes difficultés, dues en



particulier à des pertes de pression par grippage du piston. On a pu cependant, par divers artifices, réduire les frottements et obtenir des nombres assez concordants. Voici par exemple quelques résultats obtenus en tirant à + 20° et à — 80° une poudre du type sans dissolvant à 9 pour 100 de centralite, étirée en brins cylindriques de $5^{mm},2$ de diamètre (même échantillon que celui utilisé par les tirs à + 97°).

$\Delta = 0{,}168$ (poudre séchée avant le tir).

Nº de l'expérience.	P max. (kg/cm²).	$\int p\,dt$.	$\dfrac{1000}{\int p\,dt}$.	I.	II.
		Expériences à + 20°.			
8589..........	2015	38,8	25,8	33	–
8593..........	2020	38,8	25,8	33	–
8594..........	1995	38,9	25,7	35	–
Moyennes...	2010	38,8	25,8	34	–
		Expériences à — 80°.			
8596..........	1911	44,8	22,3	41	11 %
8597..........	1887	47,5	21,5	43	16
8598..........	1933	48,2	20,8	43	17
8602..........	1928	46,7	21,4	42	15
8603..........	1912	44,0	22,7	40	9,5
Moyennes...	1914	46,2	21,7	42	14

I = durée de la combustion en millisecondes.
II = diminution de la vivacité par rapport à la moyenne à + 20°.

Les points expérimentaux obtenus à — 80° ont été portés sur le graphique ci-joint.

On constatera immédiatement que la diminution de vivacité obtenue en refroidissant la poudre à — 80° est particulièrement faible.

En effet, théoriquement, on aurait dû obtenir : d'après la formule nº 1 (Yamaga), une réduction de vivacité de 42 pour 100; d'après la formule nº 2, une réduction de 32 pour 100; d'après la formule nº 3, une réduction de 23 pour 100.

L'existence possible d'un léger frottement résiduel du piston ne nous permet pas d'affirmer, en toute certitude, que la variation de vivacité expérimentale est inférieure à la variation calculée avec la formule 3, formule qui conduit à la variation la plus faible, *mais ce qui est dès maintenant certain c'est que les variations de vivacité calculées par les formules* 1 *et* 2 *sont en complet désaccord avec la variation expérimentale.*

Avant de tirer de cette constatation des déductions théoriques, il nous paraît nécessaire de rechercher si la chaleur spécifique des poudres colloïdales, comme celle de beaucoup de composés organiques complexes, ne varie pas considérablement entre + 100 et — 80°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur les conditions de diffusion optima de l'hydrogène à travers le palladium.* Note de MM. **Victor Lombard** et **Charles Eichner**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons cherché à nous rapprocher des conditions de diffusion optima de l'hydrogène à travers le palladium en faisant circuler dans la chambre à gaz de notre appareil [1] un courant d'hydrogène débouchant au voisinage immédiat de la paroi diffusante. Nous exposons brièvement ci-après les résultats de déterminations avec des lames de 0,199; 0,105 et 0,051^{mm} d'épaisseur et de l'hydrogène purifié et desséché. Nous donnerons des détails sur nos essais dans un Mémoire prochain.

A. Lame de 0,199^{mm}. — *Particularité expérimentale.* — Le tube à cuivre servant à la purification de l'hydrogène étant chauffé sur une rampe à gaz, nous arrêtions le courant gazeux pendant la nuit par mesure de prudence.

Résultats. — *a.* Le matin, avant le rétablissement du courant d'hydrogène, la valeur de la diffusion a toujours été trouvée 2 ou 3 fois plus faible que la veille, malgré une hausse toujours marquée de la température due au survoltage nocturne du secteur;

b. Dès le rétablissement du courant d'alimentation la vitesse de diffusion augmentait considérablement. Elle augmentait ensuite de moins en moins vite;

c. Les premiers jours, la température étant 275°-285°C. (première température atteinte), la valeur de régime de la diffusion n'a manifestement jamais été atteinte, même 9 heures après le rétablissement du courant d'alimentation. La température ayant été portée les jours suivants à 385° puis à 435°C., nous avons cru reconnaître que l'état de régime était sensiblement établi en 2 heures dans le premier cas et en moins d'une demi-heure dans le second.

d. Nous avons fait varier la température sous la pression atmosphérique : 1° de 385 à 275°C.; 2° de 431 à 332°C.; 3° de 432 à 593°C.; 4° entre 595 et 275°C. Les points représentatifs des « débits » trouvés dans les trois dernières séries de mesures s'alignent le long d'une courbe d'allure exponentielle; ceux correspondant aux mesures de la première série se trouvent par contre sur un élément de courbe au-dessous de la première à laquelle

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1929.

cet élément prolongé se raccorde vers l'abscisse 430°C. Les valeurs de la diffusion trouvées, même celles de la première série, sont nettement supérieures à celles que faisaient prévoir nos essais avec la lame de $0^{mm},314$ (hydrogène immobile dans la chambre à gaz).

Exemples :

Températures	300°C.	400°C.	500°C.
Débits en cm^3 prévus	31.5	76	148
Débits en cm^3 trouvés	54 (1re S.) et 65	95 (1re S.) et 103	177

B. Lame de $0^{mm},105$. — *Particularité expérimentale.* — La rampe à gaz du tube à cuivre ayant été remplacée par un four électrique, nous avons fait circuler de l'hydrogène sans arrêt, nuit et jour, dans la chambre à gaz.

Résultats. — *a.* Comme le soir nous ralentissions le courant gazeux, nous avons constaté, dès les premiers jours, une relation entre la vitesse du courant d'alimentation et le débit;

b. Les points représentatifs des débits trouvés à différentes températures (à l'exception de ceux correspondant aux premières mesures où l'état de régime n'était manifestement pas établi) s'alignent encore le long de deux courbes. Mais le passage d'une courbe à l'autre s'est produit brusquement vers 460°. Tous les points correspondant aux mesures postérieures à cette augmentation brusque se trouvent le long de la courbe supérieure. Le rapport des ordonnées des deux courbes pour une même température est voisin de 0,81. Il semble qu'il y a eu à 460° un brusque changement d'état du palladium qui a pris alors, croyons-nous, son pouvoir diffusant normal. L'existence des deux courbes $d = f(t)$ obtenues avec la lame précédente nous fait supposer qu'il y a eu aussi à un moment donné une modification de l'état du métal de cette lame.

C. Lame de $0^{mm},051$. — *Particularités expérimentales.* — *a.* Pour apprécier la vitesse du courant d'alimentation, nous avons tracé expérimentalement une courbe indiquant sa valeur en cm^3/h en fonction du temps mis par une bulle de gaz pour parcourir la distance entre deux repères tracés sur le laveur horizontal;

b. D'autre part, pour amener la lame à l'état de diffusion normale nous l'avons chauffée 12 heures à 512° C., dès le début, puis nous avons abaissé la température à 410° C.

Résultats. — *a.* L'état de régime a été très long à s'établir (35 jours);

b. Des déterminations du débit avec des vitesses variables du courant

d'alimentation, au cours de la période d'établissement de l'état de régime, ont confirmé nos observations avec la lame de $0^{mm},199$;

c. Les mesures faites entre 280 et 520° C. (pression 770^{mm}) après établissement de l'état de régime ont donné, à la représentation graphique, des points qui jalonnent une courbe unique d'allure exponentielle;

d. Une série de mesures à 410° sous des *pressions* entre 772 et 70^{mm} de Hg (un courant d'hydrogène circulant dans la chambre à gaz) nous a conduits à l'expression $d = Kp^{0,62}$ alors que la courbe obtenue avec notre lame de $0^{mm},314$ (hydrogène immobile dans la chambre à gaz) correspondait à la formule $d = Kp^{0,8}$.

Notes. — *a*. Les valeurs de la diffusion rapportées à l'épaisseur 1 déduites des courbes $d = f(t)$ des débits normaux des trois lames ci-dessus concordent d'une façon satisfaisante;

b. Toutes les mesures faites avec les présentes lames ont été des mesures de diffusion dans le vide.

c. Le palladium utilisé était du palladium pur du commerce (99,9 pour 100 environ).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phosphates d'urée et de guanylurée.* Note [1] de MM. **A. Cochet** et **J. Houdin**, présentée par M. C. Matignon.

Phosphate d'urée. — MM. C. Matignon, Dode et Mlle Langlade ont publié récemment [2] les résultats de leurs recherches sur le phosphate d'urée. Ils ont établi le diagramme de fusibilité des mélanges binaires : urée, phosphate d'urée $PO^4H^3, CO(NH^2)^2$. Il n'a été trouvé qu'un eutectique et pas de nouvelle combinaison définie alors qu'on a signalé, dans la littérature l'existence d'une autre combinaison définie de formules $2PO^4H^3, 3CO(NH^2)^3$.

En 1927, nous avons étudié, à des fins industrielles, l'isotherme de solubilité à 20° dans le système hétérogène : eau, urée, acide phosphorique. Les résultats sont en accord avec la conclusion des auteurs précités. Ils mettent en évidence l'existence du phosphate $PO^4H^3, CO(NH^2)^2$ et montrent qu'il n'existe pas d'autre combinaison.

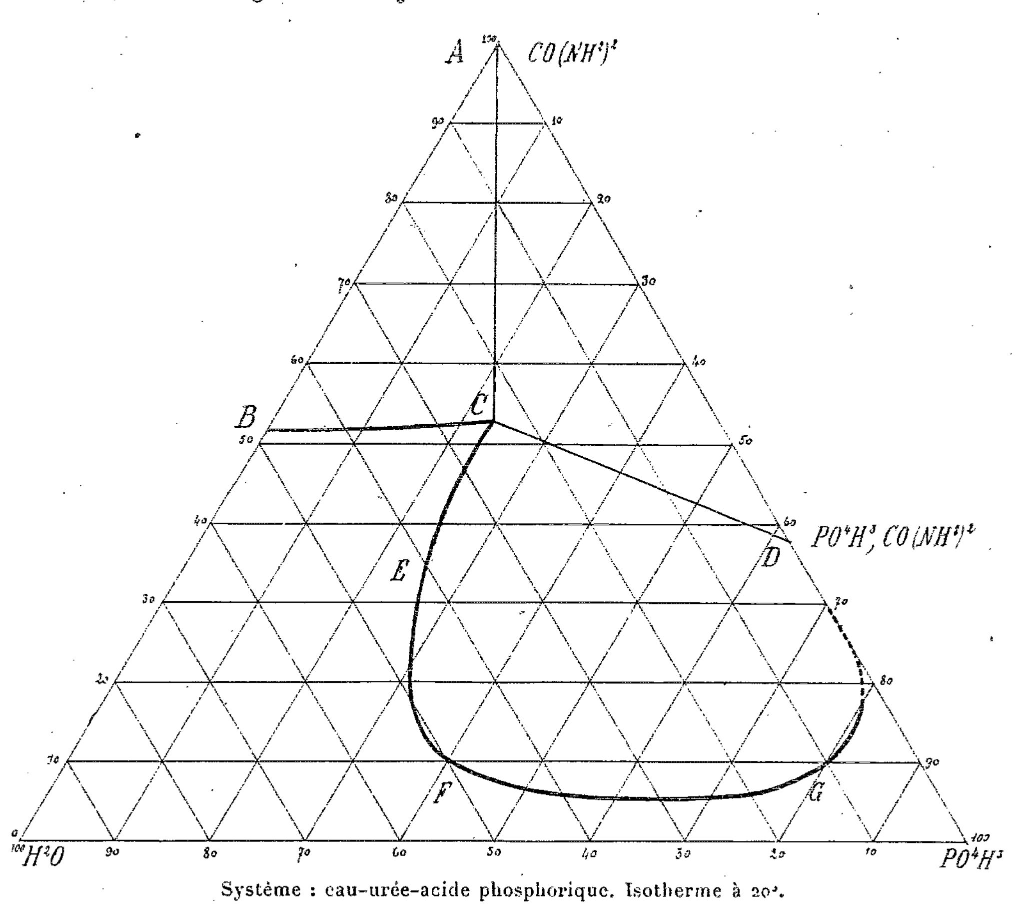
L'isotherme a été déterminé selon la méthode classique : préparation

(1) Séance du 18 juillet 1932.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1289-1294.

d'un complexe de composition connue comportant un excès de phase solide, agitation dans un thermostat réglé à la température de 20° ± 1° et analyse de la phase liquide et éventuellement du « reste ».

Les résultats de nos mesures (¹) sont traduits, en coordonnées trilinéaires, sur le diagramme ci-joint :



Système : eau-urée-acide phosphorique. Isotherme à 20°.

L'examen de ce dernier montre l'existence du phosphate normal (point D), le domaine de la phase solide/urée (triangle ABC), celui de la phase solide/phosphate d'urée (à droite de DCEFGD), et enfin celui de la phase solide : mélange d'urée et de phosphate normal (triangle ACD).

Le point invariant C est caractérisé par la composition suivante :

(¹) Les valeurs numériques seront publiées dans un autre Recueil.

$CO(NH^2)^2$	53,30 pour 100
PO^4H^3	23,14 »
H^2O	23,56 »

Ce phosphate d'urée constitue un engrais phosphoazoté, qui est d'ailleurs le constituant actif de l'engrais dénommé phosphazote (A. Cochet, *Chimie et Industrie*, numéro spécial des Congrès, mai 1924; *Congrès des Engrais azotés de synthèse*, Montpellier, mai-juin 1927, numéro spécial édité par le Comptoir français de l'Azote).

Phosphate de guanylurée. — De même qu'on peut obtenir le phosphate d'urée en hydratant la cyanamide libre CN^2H^2 par PO^4H^3 :

$$CN^2H^2 + H^2O + PO^4H^3 = PO^4H^3, CO(NH^2)^2;$$

on peut préparer, à partir de la dicyandiamide et, par des réactions analogues, le phosphate de guanylurée :

$$NH.C(NH^2).NH.CN + H^2O + PO^4H^3 = PO^4H^3, NH.C(NH^2).NH.CO.NH^2.$$

La préparation de ce sel a été faite de la manière suivante : On dissout, à chaud, 100^g de dicyandiamide dans 1^l d'eau. On ajoute 238^g d'acide phosphorique à 98 pour 100 et l'on chauffe au bain-marie pendant 20 minutes. On concentre la solution que l'on soumet ensuite à la cristallisation. Les cristaux essorés sont lavés à l'alcool et séchés.

Le sel correspond à la formule

$$PO^4H^3.NH.C(NH^2).NH.CO.NH^2.$$

L'analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé.
N total	28,00	28,00
PO^4H^3	49,00	49,00
Guanylurée	51,01	51,00

La guanylurée a été mesurée gravimétriquement par la méthode de Dafert et Micklauz (A. Cochet, Conférence faite à la Société des experts chimistes de France).

La combinaison se présente sous forme d'un sel blanc, fondant à 178°, et dont la solubilité dans l'eau à la température ambiante est de $86^g,9$ par litre de solution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les résultats fournis par les essais d'emboutissage et sur leur relation avec les essais de traction.* Note [1] de M. **Henri Fournier**, transmise par M. Léon Guillet.

J'ai étudié l'influence du taux d'écrouissage de différents métaux et alliages sur les caractéristiques enregistrées dans les méthodes d'essais d'emboutissage Siebel et Pomp, Persoz et Erichsen. J'ai examiné parallèlement les caractéristiques de traction de ces produits écrouis. Mes essais ont porté sur un acier ordinaire demi-dur, un acier austénitique (18 pour 100 de Cr, 8 pour 100 de Ni), un laiton (67 pour 100 de Cu, 33 pour 100 de Zn), de l'aluminium commercial (99,5 pour 100 Al), du duralumin, du magnésium. J'ai utilisé, pour effectuer les essais par la méthode Siebel et Pomp les outillages optima déterminés pour chacun des métaux recuits suivant les principes que j'ai indiqués dans une précédente Note [2].

Influence du taux d'écrouissage sur les caractéristiques d'emboutissage. — Chacune des trois méthodes d'essai montre une décroissance aussi rapide des flèches quand le taux d'écrouissage augmente; ceci quelle que soit la nature du métal. L'allongement d'emboutissage Siebel et Pomp suit la diminution de la flèche. La charge maximum diminue pour les essais Persoz et Erichsen; la charge de rupture à l'emboutissage Siebel et Pomp croît au contraire, à condition que le métal étudié possède à l'état recuit des allongements suffisants ($>$ à 40 pour 100).

Relation entre les caractéristiques d'emboutissage et celles de traction : A. *Emboutissage Siebel et Pomp.* — Les auteurs ont proposé la relation

$$R = \frac{R_E}{\pi} = \frac{1}{\pi} \times \frac{C}{e(D + e - d)}$$

dans laquelle : R, charge de rupture à la traction; R_E, charge de rupture à l'emboutissage; C, charge maximum; D, diamètre du poinçon; d, diamètre initial du trou; e, épaisseur de la tôle essayée.

Ainsi qu'en témoigne la première ligne du tableau de mes résultats qui donne les valeurs du rapport R/R_E dans quelques cas, cette relation est sensiblement affectée par l'état du métal.

---

(1) Séance du 18 juillet 1932.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 142.

Si l'on considère la surface représentative de

$$f(R, R_E, e) = 0,$$

cette surface sera, si la proportionnalité entre R et R_E est réelle, un plan passant par l'axe des épaisseurs. J'ai observé, pratiquement, que les métaux à grands allongements de traction, à l'état recuit, donnent des surfaces se rapprochant assez du plan théorique. Les métaux à allongements inférieurs donnent, au contraire, des surfaces compliquées, la relation, à épaisseur constante $R_E = f(R)$, étant une fonction passant par un maximum, ou même constamment décroissante. Dans ce dernier cas, l'outillage optimum pour le métal recuit, ne l'est plus pour le même produit écroui. D'une façon générale, un outil unique n'est pas applicable à l'étude d'un métal donné dans des états correspondant à des propriétés mécaniques très différentes.

B. *Emboutissages Persoz et Erichsen.* — J'ai appliqué à ces essais la relation empirique :

$$R = \frac{C}{Kef},$$

C étant la charge maximum; R, la charge de rupture à la traction; f, la flèche au moment de la rupture; e, l'épaisseur de la tôle; K, un coefficient variant assez peu avec la nature du métal, l'épaisseur et le traitement.

Le tableau donne quelques valeurs de K pour les méthodes Persoz et Erichsen.

Conclusions. — L'essai Siebel et Pomp convient pour l'étude des métaux à grands allongements; il est intéressant pour chiffrer une petite diminution de propriétés d'un produit donné.

Les essais Persoz ou Erichsen sont au contraire préférables pour l'étude des métaux à faibles allongements, et de la variation des propriétés d'un métal en fonction des traitements dans une gamme étendue. Aucune de ces méthodes n'a de relation rigoureuse, simple avec l'essai de traction, mais on peut trouver des relations approximatives qui ne sont naturellement applicables que dans des cas déterminés.

TABLEAU I.

	Laiton 67-33 ($e = 2^{mm}$)			Aluminium ($e = 1^{mm}$)		
	recuit.	écroui 40 %.	écroui 100 %.	recuit.	écroui 40 %.	écroui 400 %.
$\frac{R}{R_E}$ (emboutissage Siebel et Pomp)...	0,37	0,34	–	0,39	0,45	0,54
K (emboutissage Persoz)...........	0,75	2,8	2,6	3,1	2,9	2,7
K (emboutissage Erichsen).........	4,7	4,4	4,4	4,6	3,9	3,8

	Acier demi-dur ($e = 1^{mm}$)			Duralumin ($e = 1^{mm}$)		
	recuit.	écroui 20 %.	écroui 100 %.	recuit.	écroui 10 %.	écroui 50 %.
$\frac{R_E}{R}$ (emboutissage Siebel et Pomp)..	0,43	0,89	–	0,57	0,80	0,80
K (emboutissage Persoz)...........	2,9	2,5	2,3	3	2,6	2,5
K (emboutissage Erichsen).........	4,6	3,6	3,6	4,3	3,4	3,4

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la densité des ferrosiliciums.* Note (¹) de M. Ch. Bedel, présentée par M. A. Béhal.

De la mesure des densités des ferrosiliciums obtenus par un procédé industriel à partir d'un mélange de silice, de carbone et de fer, Frilley (²) a conclu à l'existence des composés $SiFe^2$, Si^2Fe^3, Si^4Fe^3, Si^3Fe^2, Si^2Fe et SiFe.

Hake (³) avait constaté antérieurement la présence de plusieurs maxima sur la courbe des densités. Il avait en outre indiqué qu'une contraction aurait lieu pour les alliages renfermant moins de 60 pour 100 de silicium et qu'un accroissement de volume se produirait au contraire entre 60 et 90 pour 100.

Bennett (⁴) signale également ce dernier phénomène pour des teneurs supérieures à 80 pour 100.

Les résultats fournis par W. Schut et J. D. Jansen (⁵) ne permettent pas au contraire de tirer de semblables conclusions ni de mettre en évidence l'existence de composés définis.

Nous avons déterminé la densité des ferrosiliciums sur des alliages que nous avons préparé.

Nous avons utilisé un silicium contenant 1,38 pour 100 de fer, et le fer dont nous nous sommes servi était sensiblement pur. Il ne renfermait que 0,03 pour 100 de carbone.

Les alliages ont été fondus au four électrique dans du quartz en présence de fluosilicate de potassium comme fondant.

(¹) Séance du 18 juillet 1932.

(²) Frilley, *Rev. metal.*, **81**, 1911, p. 457.

(³) Hake, *Thirty eighth annual report of the local Government Board* 1908-1909 *supplement* (*Report of the medical officer on the nature uses and manufacture of ferrosilicium*), 1909, p. 77.

(⁴) Bennett, *Ibid*, p. 92.

(⁵) W. Schut et J. D. Jansen, *Rec. Trav. chim des Pays-Bas*, **51**, III, 1932, p. 321.

Nous avons obtenu, après refroidissement, des alliages compacts, que nous avons concassés assez finement pour qu'ils passent au tamis n° 30.

Le fer a été dosé soit après attaque du produit par la potasse pour les ferrosiliciums riches, soit après dissolution dans un mélange d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique pour les autres.

La densité a été déterminée par la méthode dont nous avons donné antérieurement la description [1]. Elle a été prise dans l'eau à la température de 0°. Les ferrosiliciums que nous avons préparés ne sont pas, en effet, attaqués par ce liquide au cours de l'expérience, ainsi que nous l'avons vérifié dans plusieurs cas par pesée de l'échantillon avant et après les mesures.

Dans le tableau suivant, nous avons indiqué, d'une part, la densité des ferrosiliciums et, d'autre part, les valeurs calculées correspondant à l'hyperbole théorique des densités.

Teneur en fer.	Densités déterminées.	Densités calculées.
0	2,330	2,33
10,41	2,531	2,51
22,31	3,021	2,76
34,52	3,687	3,07
43,17	4,202	3,34
50,59	4,792	3,61
53,47	5,031	3,73
64,37	5,932	4,25
66,35	6,090	4,36
75,97	6,390	5,00
79,89	6,422	5,31
85,86	6,755	5,87
89,73	6,968	6,31
100,00	7,859	7,85

Ces chiffres montrent que la densité d'échantillons bien compacts de ferrosiliciums purs finement concassés présente des variations appréciables au voisinage des teneurs correspondant à $SiFe^2$ et à SiFe. Pour aucun alliage, cependant, on n'observe le phénomène d'expansion. Au contraire, la formation du composé SiFe donne lieu à une notable contraction. Pour le composé Si^2Fe, les déterminations des densités ne décèlent ni augmentation ni diminution sensible de volume.

---

[1] Ch. Bedel, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 434.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du baryum dans les minerais de fer.* Note de MM. **Ed. Chauvenet** et **Avrard**, présentée par M. G. Urbain.

Certains minerais de fer (minerais du Maroc en particulier) renferment du baryum, soit à l'état de carbonate, soit à l'état de sulfate, soit même sous ces deux états.

Le dosage du sulfate de baryum dans un minerai, par les procédés de la voie aqueuse, est une opération peu précise, car ce produit est soluble dans la plupart des sels et des réactifs, avec lesquels il se trouve en contact. Nous avons signalé une méthode qui est beaucoup plus précise que les autres [1]; le seul inconvénient qu'elle possède est de multiplier les opérations. Nous avons donc cherché à simplifier les manipulations et à réduire leur nombre, sans diminuer le degré de précision.

Ce sont les résultats de ces recherches que nous avons l'honneur d'exposer dans la présente Note.

Nous soumettons le minerai à l'action chlorurante du tétrachlorure de carbone, à la température de 900° à 930°; pour cela, le minerai pulvérisé ($0^g,5$ suffisent) est placé dans une nacelle que l'on introduit dans un chauffe-tube à résistance, dans lequel circule la vapeur de tétrachlorure de carbone.

Après 40 à 45 minutes, on retire la nacelle, on pulvérise rapidement la substance, laquelle est parfois agglomérée et l'on continue la chloruration pendant une durée égale à la précédente. Dans ces conditions l'attaque est complète.

Toutes les substances, à l'exception de la silice libre, sont transformées quantitativement en chlorures; parmi ces derniers, certains se sont volatilisés en totalité (fer, aluminium, phosphore, silicium des silicates); d'autres se sont volatilisés partiellement [2] (calcium et manganèse); quant au chlorure de baryum, sa tension de vapeur à 900° est sensiblement nulle et ce chlorure reste en entier dans la nacelle.

Il suffit de reprendre par de l'eau les produits de la nacelle, de doser le baryum dans la solution filtrée (laquelle renferme en outre la portion de calcium et de manganèse non volatilisés) et de peser la silice insoluble.

D'autre part, on soumet à la fusion alcaline une autre prise d'essai de

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1164.

(2) Durant les 80 à 90 minutes qu'a duré l'attaque, les 50 pour 100 environ de ces chlorures se sont volatilisés.

$0^g,5$ et l'on dose d'autres produits intéressants, en particulier le manganèse, la silice totale (silice libre et silice des silicates), etc. On peut de la sorte connaître la portion de silice libre et la portion de silicates renfermées dans le minerai.

Quant au fer, il pourrait être dosé dans la portion volatile; mais il est préférable de le doser dans une autre prise de $0^g,5$ par la méthode de Zimmermann-Reinhardt. Voici quelques résultats analytiques d'un minerai de Khénifra :

Ba (pour 100)	8,52.	8,55.	8,48.
Silice libre	5,59	5,60	5,72
Silice combinée	3,10	3,10	3,18
Mn	2,40	2,48	2,49

6 à 7 heures ont suffi et pour attaquer le minerai et pour doser les corps précédemment indiqués.

Nous pouvons donc recommander cette méthode pour le dosage du baryum.

BOTANIQUE. — *Sur la valeur morphologique du cotylédon chez les Ombellifères monocotylédones.* Note de MM. **P. Bugnon** et **A. Parrot**, présentée par M. L. Mangin.

Diverses Ombellifères sont, de façon normale (*Bunium Bulbocastanum*, etc.) ou anormale (*Daucus Carota*, etc.), monocotylédones et l'on s'accorde pour admettre qu'ici la condition monocotylédone est secondaire, qu'elle est dérivée d'une condition dicotylédone initiale. Mais le cotylédon unique a été interprété soit comme l'équivalent d'un seul des cotylédons de la plantule généralement dicotylédone des Ombellifères, soit comme l'équivalent des deux cotylédons, réunis en un seul membre par concrescence congénitale. L'existence de cotylédons uniques à lame plus ou moins profondément bilobée, ou à lame simple, mais à nervure médiane remplacée par deux nervures principales, symétriques par rapport au plan médian, a paru fournir un argument puissant en faveur de la deuxième théorie. Parmi les partisans de la première théorie, les uns ont admis que l'un des cotylédons a disparu par atrophie : toutefois, aucun stade intermédiaire d'atrophie n'a pu être mis en relief de manière convaincante; les autres ont considéré la première feuille végétative comme le résultat de la transformation du deuxième cotylédon : c'est ce que nous avons admis pour un cas particulier précédemment décrit chez la Carotte cultivée [1]; ici, cependant, le membre regardé comme cotylédon inférieur différait d'un cotylédon normal par son sommet trilobé,

---

[1] P. Bugnon, *Sur le passage effectif de l'état dicotylédone à l'état monocotylédone par hétérocotylie* (*Bull. scient. de Bourgogne*, 1, 1931, p. 13).

par les trois nervures principales parallèles de sa portion entière, par les connexions libéro-ligneuses de ces trois nervures avec la stèle binaire de la racine.

Des semis de Carotte, effectués à Dijon au cours de l'année, nous ont donné diverses plantules anormales dont l'organisation vient confirmer notre hypothèse; nous ne considérerons ici que la forme et la nervation des cotylédons.

1° Qu'un cotylédon puisse être trilobé au sommet, c'est ce qui ressort de l'examen des plantules évidemment dicotylédones telles que A (*fig.* 1; un cotylédon trilobé

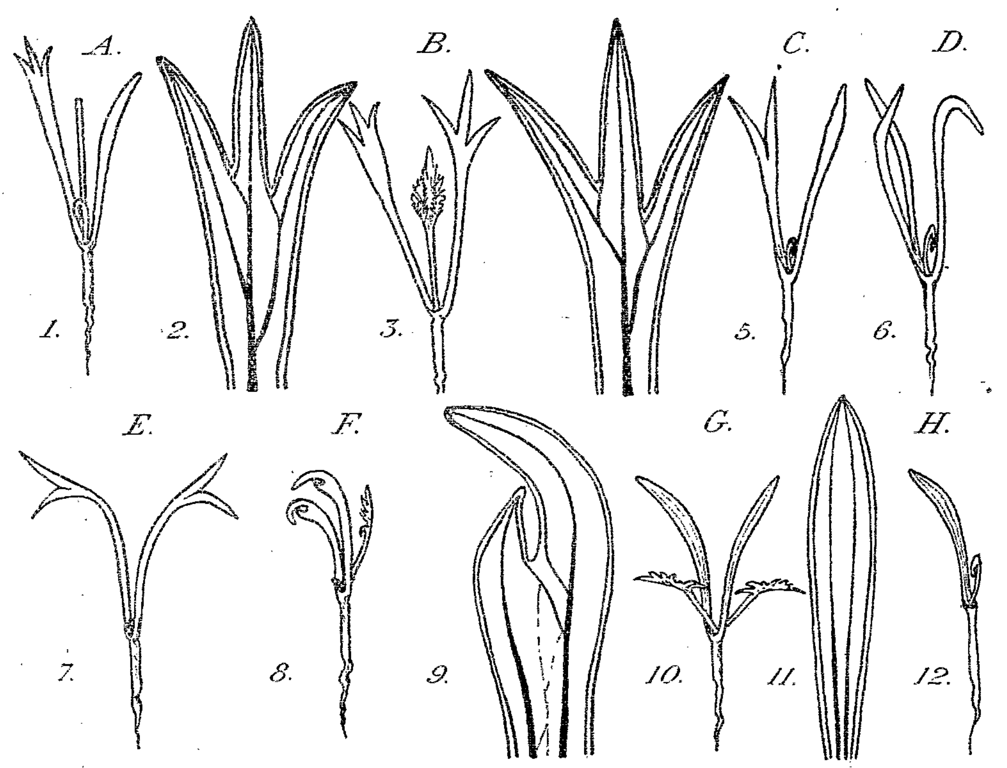


Fig. 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 12 : Plantules anormales de Carottes; gr. nat.
Fig. 2, 4, 9, 11 : nervation de cotylédons; × 5 env.

opposé à un cotylédon normal, comme dans le cas décrit par Winkler en 1881) ou B (*fig.* 3; les deux cotylédons sont trilobés). Cette lobation étant du même type que celle des feuilles végétatives, on est en droit : 1° de voir dans les cotylédons lobés des termes de passage entre les cotylédons à lame simple normale et les feuilles végétatives à lobes nombreux; 2° d'admettre la possibilité de la transformation d'un cotylédon en feuille végétative. D'autres plantules présentent des cotylédons seulement bilobés (C à F, *fig.* 5 à 8) et la lobation peut ici prendre l'aspect d'une bifurcation conduisant, par degrés nombreux, à la division totale de l'un ou des deux cotylédons : donc, la bifurcation d'une lame cotylédonaire unique ne peut être prise comme signe évident de sa bivalence.

2° Les rapports des nervures dans les trois lobes terminaux peuvent être semblables à ceux des lobes d'un segment trilobé de feuille végétative (*fig.* 4; cotylédon de droite de B), ou en différer par un retard dans la réunion des faisceaux médians des trois lobes, ce qui tend à rendre ces faisceaux parallèles sur une certaine longueur du cotylédon (*fig.* 2, cotylédon de gauche de B); nous avons d'ailleurs retrouvé la course parallèle des faisceaux principaux sur toute la longueur du cotylédon dans la plantule F (*fig.* 8 et 9), évidemment dicotylédone : nous sommes donc en droit de regarder comme un cotylédon et comme un membre univalent le membre trilobé litigieux. D'autre part, l'existence de deux nervures principales, à la place de la nervure médiane habituelle, dans l'un des cotylédons à lame entière de la plantule G (*fig.* 10 et 11), s'oppose à l'hypothèse de la bivalence, dans le cas d'un membre cotylédonaire unique présentant la même nervation, comme celui de la plantule H (*fig.* 12).

EMBRYOGÉNIE. — *Sur diverses particularités du développement de l'œuf de* Bombyx mori *sous l'influence d'agents bivoltinisants.* Note de Mme **Liou (Tchang-Tcheng-Houa)**, transmise par M. Maurice Caullery.

Afin de rechercher l'influence des facteurs bivoltinisants sur les œufs de *Bombyx mori*, nous avons comparé le développement normal de l'œuf de race univoltine pris comme type, avec celui des œufs de race bivoltine et aussi avec le développement des œufs de race univoltine bivoltinisés à la suite d'un traitement, soit par l'acide chlorhydrique concentré, soit par le même acide combiné avec l'action d'une basse température.

Pour établir les termes de comparaison, nous avons effectué des séries de coupes dans les divers œufs pendant toute la durée de leur développement. Pour les œufs de race univoltine bivoltinisés expérimentalement, et pour les œufs de race bivoltine, les coupes ont été faites chaque jour pendant la durée continue du développement jusqu'à l'éclosion. Pour les œufs de race univoltine se développant normalement, des coupes ont été effectuées chaque jour jusqu'à la phase de diapause, puis au cours de l'incubation.

Parmi les particularités de développement provoquées sous l'influence des agents bivoltinisants que nous avons employés, nous n'envisagerons ici que les modifications des membranes périphériques de l'œuf et la forme générale de l'embryon. L'œuf non fécondé de *Bombyx mori*, ainsi que celui de tous les Insectes, présente une coque externe résistante, formant le chorion, sous laquelle se trouve une mince enveloppe, la membrane vitelline. Dans l'œuf fécondé, existe, sous la membrane vitelline, une pellicule de matière visqueuse, la membrane de fécondation ou d'activation, qui se

différencie au moment de la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf. L'activation due au spermatozoïde provoque, d'après Bataillon, une réaction d'épuration.

Nous avons observé que cette membrane d'activation est relativement mince dans l'œuf normal de race univoltine, mais qu'elle est quatre fois plus épaisse dans l'œuf de première génération de race bivoltine, et sa plus grande épaisseur est atteinte chez les œufs de race univoltine bivoltinisés par l'acide chlorhydrique. Chez ces derniers, immédiatement après le traitement, la membrane d'activation a six à sept fois l'épaisseur de la membrane de fécondation de l'œuf normal de race univoltine.

Nous avons constaté qu'à l'intérieur des œufs se trouvent d'autant plus de matières visqueuses que la membrane d'activation est plus mince, surtout pendant le stade de diapause des œufs univoltins. La membrane d'activation paraît être constituée aux dépens de produits de déchet expulsés de l'œuf sous l'action d'agents bivoltinisants.

Outre l'épaississement de la membrane d'activation sous l'action de ces agents, nous constatons que ceux-ci provoquent des modifications dans la conformation de l'embryon, au moins au début. Dans les œufs traités, quarante-huit heures après la ponte, soit par l'acide chlorhydrique, soit par l'acide chlorhydrique suivi de l'action du froid, l'embryon présente un allongement et une minceur bien marqués : sa longueur est double de celle d'un embryon normal de même âge et son épaisseur est moitié moindre.

Mais ces différences vont s'atténuant au cours du développement et, douze jours après le traitement bivoltinisant, il va éclore un jeune ver à soie de conformation normale. Nous avons retrouvé à un moindre degré, les mêmes particularités dans le développement de l'œuf de race bivoltine. La forme allongée et mince au début de la formation de l'embryon apparait comme caractéristique du développement continu, sans diapause.

Dans le traitement bivoltinisant où nous avons combiné l'action de l'acide chlorhydrique avec celle du froid, l'abaissement de température amène un ralentissement dans l'évolution de l'œuf. Le froid ne peut agir comme agent bivoltinisant qu'après la formation de la bandelette germinative. Au contraire, l'acide chlorhydrique concentré agit comme agent bivoltinisant seulement avant la formation de la bandelette.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la fluorescence de la phylloérythrine et sur la structure de ses spectres de fluorescence.* Note de M. **Ch. Dhéré**, présentée par M. J. Perrin.

La phylloérythrine (bilipurpurine) a pu être préparée, dans ces dernières années, par dégradation purement chimique de la chlorophylle (H. Fischer). J'ai disposé d'échantillons (parfaitement cristallisés) de phylloérythrine libre et de son éther méthylique obtenus précisément de la sorte, par M. Hans Fischer (¹), *en passant par la phéoporphyrine* A 5.

1° *Fluorescence des cristaux de phylloérythrine.* — Ni à l'état libre, ni à l'état d'éther méthylique, on n'a pu observer la moindre fluorescence, contrairement à ce qu'avait dit A. Cathrein (²). Pourtant, en écrasant avec une baguette de verre des cristaux de l'éther méthylique sur la paroi interne d'un tube à essai, on a vu des traînées d'un rouge sombre (rayons excitateurs violets et ultraviolets).

2° *Fluorescence dans les solvants organiques.* — Le spectre de fluorescence de la phylloérythrine dissoute dans la pyridine (qui convient tout particulièrement pour cette étude) présente une structure remarquable et bien complexe. Une photographie obtenue sur plaque Wellington *Spectrum rapid panchromatic* montre un spectre ressemblant dans son ensemble à celui de la protoporphyrine, mais notablement décalé vers l'infrarouge. On voit une large bande (qui semble être également la bande principale à l'examen direct spectroscopique) ayant un axe correspondant à λ 643 environ; et, du côté de l'infrarouge, il y a jusqu'à 717 une émission dont l'intensité est loin d'être uniforme.

Pour déterminer correctement l'émission dans le rouge extrême, j'ai dû utiliser des plaques spéciales (Agfa 730).

En tenant compte de tous mes résultats, je décrirai le spectre ainsi : début vers 745; bande forte entre 731 et 699 (axe 715); minimum entre 680 et 675; bande très étroite (cannelure) ayant pour axe 670 environ; bande principale entre 655 et 632 (axe 643,5); enfin, dans l'orangé, une bande peu intense et assez étroite ayant pour axe 604 ou 603$^{m\mu}$. Par analogie avec ce qu'on observe dans le spectre de fluorescence de la proto-

(¹) H. Fischer (et collaborateurs), *Annalen der Chimie*, 482, 1930, p. 227 et 230; 485, 1931, p. 1; 490, 1931, p. 1.

(²) Résultats cités par W. F. Lœbisch et M. Fischler, *Monatshefte für Chemie*, 24, 1903, p. 341.

porphyrine et des autres porphyrines, on pourrait supposer que la bande entre 731 et 699 comprend plusieurs cannelures. Cette interprétation mérite peut-être d'être retenue, bien qu'il ait été impossible jusqu'à présent de résoudre cette bande en cannelures.

Le spectre d'une solution chloroformique ne présente que des différences insignifiantes. Königsdörffer [1], qui a déterminé ce spectre dès 1929, a noté uniquement l'existence d'une bande d'émission entre 650 et 636; il est assez étonnant que tous les autres détails aient échappé à cet observateur si consciencieux.

J'ai examiné le spectre de fluorescence dans beaucoup d'autres solvants organiques : même dans le xylol et dans le sulfure de carbone, la solubilité est suffisante pour permettre de repérer avec le spectroscope la position de la bande principale. On voit, par exemple, que dans CS^2 l'axe de cette bande est notablement décalé vers l'infrarouge par rapport à l'axe dans la pyridine. Pour de tels corps bien fluorescents, l'examen de la fluorescence permet de constater aisément une très légère solubilité qu'il serait fort difficile de reconnaître autrement.

3° *Fluorescence en milieu alcalin.* — La phylloérythrine introduite dans de la liqueur de soude normale fournit rapidement une liqueur présentant une fluorescence assez faible, d'un rouge orangé. Pour photographier ce spectre, il a eté nécessaire d'utiliser une fente assez large (25 centièmes de millimètre) et de faire une longue pose (80 minutes). Le spectre est compris entre 686 et $608^{m\mu}$. Il y a une bande relativement forte de 630 à 612 (axe 621) et une bande de renforcement assez étroite sur λ 645 environ. Il n'est pas du tout certain que cette fluorescence appartienne à la phylloérythrine inaltérée, ce pigment se transformant facilement en milieu alcalin [2].

Si l'on ajoute un peu de soude à la solution alcoolique de phylloérythrine, le spectre de fluorescence subit une modification frappante : la bande principale est dédoublée, les nouvelles bandes ayant respectivement pour axes λ 648 et λ 624,5.

4° *Fluorescence en milieu acide.* — D'après Marchlewski (*Bull. Acad. des Sc. de Cracovie*, 1904, p. 638), le spectre d'absorption de la phylloérythrine est presque le même dans le chloroforme et dans l'acide acétique glacial, sauf une moindre intensité de la première bande dans l'acide. Pour

---

[1] M. Borst et H. Königsdörffer, *Untersuchungen über Porphyrie*, Leipzig, 1929.

[2] Cf. notamment K. Noach et W. Kiessling, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, 182, 1929, p. 24 et 26.

la fluorescence, on note des différences importantes. La couleur, au lieu d'être franchement rouge, est d'un rouge nettement orangé, l'émission étant comprise entre 678 et 598, et pouvant s'étendre entre 703 et 586 quand on prolonge l'enregistrement du spectre. Comme structure, il s'agit essentiellement d'un spectre à deux bandes se trouvant respectivement entre 661 et 642 (axe 651,5) et entre 620 et 605 (axe 612,5).

Avec la phylloérythrine dissoute dans $HCl\,2n$, on a enregistré une bande entre 689 et 600, le maximum principal constituant une bande comprise entre 635 et 615 (axe 625). Dans HCl à 25 pour 100, la fluorescence est d'un rouge moins orangé et l'axe de la bande principale est décalé vers l'infrarouge [1].

Les solutions alcooliques montrent, après acidification, des spectres intéressants. Ainsi l'addition d'un tiers en volume d'acide acétique glacial fait apparaître trois bandes ayant respectivement pour axes λ 649, λ 614 et λ 596,5 mμ.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de l'adrénaline dans la glande surrénale.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **R. Argaud**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une Note précédente, nous avons montré que la pulpe du cortex surrénal mise en suspension dans une solution de carbonate de sodium à 3 pour 100 et agitée au contact de l'air à la température du laboratoire (24-26°) pendant 5 heures, contenait encore, au bout de ce temps, une quantité notable d'adrénaline, supérieure à la quantité initiale, alors que, dans les mêmes conditions, une suspension de pulpe médullaire n'en contenait plus du tout.

Il se forme donc de l'adrénaline dans la pulpe corticale par oxydation en milieu alcalin, tandis que, dans ces mêmes conditions, l'adrénaline de la pulpe médullaire est totalement détruite.

Or, il suffit d'ajouter une petite quantité de pulpe médullaire à de la pulpe corticale pour que toute l'adrénaline disparaisse par oxydation.

Expériences. — On sépare soigneusement la corticale et la médullaire d'un certain nombre de surrénales de cheval. On pulpe finement les deux substances, en les passant à travers un tamis de crin à mailles très serrées.

---

[1] Ces résultats sont à rapprocher de ceux, obtenus en milieu sulfurique, qu'a publiés Königsdörffer (*loc. cit.*).

On divise la pulpe corticale bien homogénéisée en trois lots de 15g chaque, A, B, C.

Le lot A sert au dosage immédiat de l'adrénaline. Il en contient 0g,0027, soit, par rapport à 100g de pulpe, 0g,0180.

Au lot B on ajoute 5g de pulpe médullaire contenant à 0g,025 d'adrénaline.

Le lot C est constitué par de la pulpe corticale et un lot M par 15g de pulpe médullaire (0g,075 d'adrénaline).

Aux trois lots B, C, M on ajoute 100cm³ d'une solution à 3 pour 100 de carbonate de sodium (CO^3Na^2, 10 aq.).

On soumet les flacons à une agitation modérée pendant 4 heures à la température de 24-27°.

Au bout de ce temps, on ajoute à chaque lot de l'acide sulfurique au dixième jusqu'à légère acidité. La majeure partie des albumines est ainsi précipitée.

On filtre; les filtrats sont neutralisés par du carbonate de plomb en poudre. On filtre à nouveau et l'on dose l'adrénaline par la méthode de Comessati (au bichlorure de mercure), et par celle de Zanfrognini (à l'oxyde de manganèse).

Le lot C (corticale seule) donne nettement et rapidement les réactions de l'adrénaline. Les lots B (mélange de corticale et de médullaire) et M (médullaire seule) ne donnent aucune réaction.

La quantité d'adrénaline trouvée dans C est de 0g,00393 (pour 15g de pulpe), soit pour 100g, 0g,0262.

Il y a donc par rapport au témoin qui contenait pour 100g de pulpe, 0g,0180 d'adrénaline un gain de 0g,0082.

Le contrôle physiologique a corroboré ces résultats. L'augmentation de la pression artérielle a été pour C de 10cm,5 Hg (pour A (témoin) de 9cm,5 Hg.

Pour B et M, on n'a constaté aucune élévation de pression. Des résultats semblables peuvent être obtenus en remplaçant l'agitation par un barbotage d'air dans des flacons de Villiers maintenus pendant 3-4 heures dans un bain-marie à 35°.

Enfin, on peut expérimenter sur des extraits aqueux obtenus en faisant macérer la pulpe dans une solution d'acide sulfurique *n*/100, pendant 2 heures à la glacière. On neutralise la faible acidité des filtrats par le carbonate de plomb.

L'adrénaline contenue dans 100cm³ d'extrait (correspondant à 14g de pulpe corticale) est de 0g,0010, soit rapporté à 100g de pulpe 0,0071.

B 100cm³ du même extrait sont additionnés de XX gouttes d'une solution saturée à froid de carbonate de sodium. On ajoute 1cm³ d'alcool octylique pour éviter la mousse.

C 100cm³ d'extrait sont additionnés de 5g de pulpe médullaire. On maintient les deux flacons B et C dans un bain-marie à 36-37° pendant 2 heures, en y faisant barboter de l'air. On acidifie légèrement par l'acide sulfurique au dixième, on neutralise l'excès d'acide par le carbonate de plomb et l'on dose l'adrénaline.

B = 0,00293 (pour 14g de pulpe), soit pour 100g, 0g,0209;
C ne contient pas trace d'adrénaline.

Il y a donc pour B un gain de 0g,00193, soit, rapporté à 100g de pulpe corticale, de 0,0138.

Les gains d'adrénaline que nous avons constatés dans 48 expériences

d'agitation et dans 82 expériences de barbotage d'air dans des suspensions de pulpe, soit dans des extraits aqueux, ont varié de $0^g,002$ (chiffre minimum) à $0^g,020$ (chiffre maximum) rapportés à 100^g de pulpe.

En présence de ces résultats, il nous paraît difficile de maintenir l'ancienne conception du rôle exclusif de la substance médullaire dans l'adrénalogenèse. C'est, au contraire, celui de la corticale qui semble bien prépondérant, puisque (dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés) la corticale seule s'est montrée capable de former de l'adrénaline, formation que nous n'avons jamais observée avec la médullaire, qui nous paraît devoir être considérée comme un simple entrepôt du produit d'élaboration de la corticale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la participation d'acides hexosephosphoriques à la glycolyse du sang.* Note de Mme **Andrée Roche** et de M. **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

La formation de composés phosphorés, au cours de la glycolyse du sang, a été démontrée par de nombreuses expériences (Bierry et Moquet, A. et J. Roche, Engelhardt et Braunstein). Néanmoins, la présence, dans le sang, de divers types de combinaisons phosphorées, et l'activité des phosphatases sur celles-ci, en dehors de toute glycolyse, ont jusqu'ici empêché de saisir la nature même du précurseur de l'acide lactique.

Le laquage des hématies détruit leur activité glycolytique, comme il est de notion classique; il provoque, par ailleurs, l'hydrolyse des esters phosphoriques globulaires (Lawaczek, A. et J. Roche).

Aussi peut-on penser que ces deux phénomènes sont liés, en ce sens que l'arrêt de la glycolyse peut avoir pour cause la cessation de la synthèse des esters phosphoglucidiques. S'il en est ainsi, en ajoutant aux hématies laquées des combinaisons de cette nature, l'hexose estérifié doit être métabolisé, alors que le glucose sanguin ne l'est pas. C'est bien là ce que l'expérience montre dans les conditions suivantes où l'on a étudié l'action des globules rouges hémolysés sur divers dérivés hexosephosphoriques (1).

Des globules rouges de cheval, de chien, de cobaye sont laqués par addi-

(1) L'existence d'esters hexosemonophosphoriques dans le sang est probable, mais n'a pas été absolument démontrée. C'est pourquoi nous avons fait porter ces expériences sur divers hexosephosphates (glucosemono-, fructosemono- et fructosediphosphate), chacun d'eux, mais surtout le premier, pouvant être celui qui prend naissance au cours de la glycolyse.

tion d'un volume et demi d'eau glacée et les stromas sont éliminés par centrifugation. Le mélange est réparti par portions de 3 à 4^{cm^3} dans des tubes à essai dont chacun contient une goutte de chloroforme qui précipite les quelques stromas ayant pu échapper à la centrifugation et assure la stérilité du milieu.

On ajoute une quantité connue d'une solution titrée neutre de glucosemonophosphate (Robison), de fructosemonophosphate (Neuberg) ou de fructosediphosphate (Harden) de sodium, et l'on porte à l'étuve à 37°. On dose, immédiatement après le mélange et aux temps indiqués ci-dessous, le pouvoir réducteur par la méthode de Hagedorn et Jensen, et le phosphore minéral (PO^4H^3 libre) par la méthode de Briggs.

Voici à titre d'exemple les résultats d'une expérience :

		Hémolysat pur.	Hémolysat additionné de glucose-mono-phosphate.	glucose-mono-phosphate.	fructose di-phosphate.
Pouvoir réducteur (milligrammes pour 100 glucose)	début	78	179	121	99
	après 12 heures	74	98	–	90
	» 20 »	74	88	93	80
	» 34 »	75	80	80	76
	» 50 »	74	78	78	76
Phosphore minéral (milligrammes pour 100)	début	2,94	2,77	2,79	2,88
	après 12 heures	7,24	21,10	–	22,10
	» 20 »	9,90	29,32	21,10	29,94
	» 34 »	12,24	41,24	26,42	38,70
	» 50 »	13,30	45,20	30,74	39,50

Les globules laqués sont donc capables, si l'on en juge par la diminution du pouvoir réducteur ([1]) et par la mise en liberté d'acide phosphorique, de faire subir la glycolyse aux acides hexosephosphoriques, alors qu'ils sont sans action sur le glucose sanguin.

Est-ce assez pour penser qu'il faut considérer les premiers comme des produits intermédiaires de la glycolyse? La réponse à cette question, pour les acides hexosemonophosphoriques tout au moins, nous est donnée par un très récent travail de Meyerhof ([2]), lequel, tout à fait indépendamment de

([1]) Le pouvoir réducteur du glucosemono- et du fructosemonophosphate est égal à 36 pour 100, celui du fructosediphosphate à 12 pour 100 de celui du glucide libre. En l'absence de glycolyse, l'action de la phosphatase des hématies, libérant l'hexose de sa combinaison phosphorée, déterminerait une augmentation du pouvoir réducteur du milieu.

([2]) O. Meyerhof, *Biochem. Zeit.*, 246, 1932, p. 250-284.

nos propres recherches, établit que des globules laqués additionnés d'acide glucosemono- ou fructosemonophosphorique produisent de l'acide lactique aux dépens de ces esters. C'est probablement le même phénomène qui, comme nous l'avons suggéré en 1927 [1], libère simultanément de petites quantités d'acides phosphorique et lactique dans le sang laqué pur.

Toutes les combinaisons hexosephosphoriques étudiées subissant, par ailleurs, le même sort, il ne nous est pas possible de décider par nos expériences laquelle prend naissance au cours de la dégradation du glucose par l'hématie.

Les faits exposés dans cette Note et ceux apportés par Meyerhof permettent de considérer la formation de composés hexosephosphoriques comme une étape de la glycolyse dans les globules rouges du sang.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le cancer du poumon chez le mouton et ses liens étiologiques avec les lésions parasitaires et infectieuses.* Note de MM. **Aynaud**, **Peyron** et **Falchetti**, présentée par M. Roux.

Les tumeurs pulmonaires chez le mouton n'avaient pas encore été l'objet de recherches spéciales. L'un de nous, Aynaud [2], a pu le premier mettre en évidence, après infestation parasitaire par strongles, des lésions dont la nature maligne fut confirmée dans un cas par des métastases ganglionnaires et sous-cutanées.

D'autre part, Falchetti, poursuivant, sous la direction de M. Carré, l'étude expérimentale de la pneumonie chronique désignée sous le nom de pneumonie sclérocaséeuse (Moussu) vient de constater qu'elle aboutit chez les adultes à des lésions d'aspect spécial.

L'étude comparative de ces deux groupes de lésions nous conduit à admettre le rôle cancérigène des strongles qui avait échappé jusqu'ici aux auteurs. Les études des vétérinaires de Leipsig (Eber, Niederle, Pallaske [3]) ont en effet considéré comme de simples hyperplasies les proliférations épithéliales qui, selon nous, aboutissent à l'épithélioma.

1° La *pneumonie scléro-caséeuse*, dont l'agent pathogène et l'unité étiologique restent discutés, montre au début des nodules miliaires sous-pleu-

---

(1) A. Roche et J. Roche, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 873.
(2) Aynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 95, 1926, p. 1540.
(3) Pallaske, *Berliner tierärztl. Woch.*, 40, 1929, p. 677 (voir Bibl.).

raux, d'aspect grisâtre, réunis en foyers, intéressant de préférence les lobes cardiaques et postérieurs; au stade ultime lésions plus étendues et confluentes d'aspect lardacé.

Sur les 22 cas de lésions chroniques étudiées, nous trouvons dans 13 de simples lésions inflammatoires subaiguës; dans 9, l'aspect est différent; on trouve une néoformation épithéliale particulièrement pure et caractéristique dans les cas anciens. Les investigations de Falchetti sont favorables au rôle des strongles, en particulier du *Rufescens*. L'inconstance des parasites 10 fois dans la première série (dont 5 dans les bronches et 5 dans la caillette) et une seule fois dans la seconde, est vraisemblablement en rapport avec leur disparition aux stades avancés.

Mac Fadyean (1) dans les pneumonies vermineuses du mouton avait étudié des lésions du même ordre, voire de même nature, mais à un stade moins avancé et il avait déjà insisté sur la disparition progressive des strongles dans les lésions anciennes. En définitive le fait capital est qu'ici, comme dans les lésions que nous allons maintenant envisager, les animaux atteints proviennent de troupeaux antérieurement parasités.

2° Dès 1926, Aynaud avait mis en évidence la nature maligne de lésions macroscopiques identiques aux précédentes; ici encore les parasites n'étaient présents que sur deux des quatre animaux étudiés; ils étaient absents dans deux cas où les lésions étaient le plus avancées, son quatrième cas montrait des métastases dans les ganglions médiastinaux et une volumineuse sous-cutanée dans la région lombaire.

Or la comparaison de ces deux séries de lésions provenant de régions et de troupeaux différents nous a permis de mettre en évidence la convergence, nous pouvons même dire l'identité, entre 5 des cas du centre d'Alfort et les 4 d'Aynaud, en ce qui concerne la malignité.

La néoformation issue principalement : *a. des bronchioles terminales*, *b.* du canal alvéolaire atteint dans ces 9 cas la pureté d'une lignée cellulaire en culture. On voit disparaître par refoulement, puis invasion, les alvéoles et les grosses bronches elles-mêmes; les dispositions de cette épithéliose maligne se maintiennent identiques dans tous les points accompagnés par une stroma-réaction fibroblastique n'ayant rien à voir avec une inflammation.

Conclusions. — Ces lésions et les suivantes, que nous allons comparer établissent que le revêtement épithélial du poumon chez le mouton offre

(1) MAC FADYEAN, *Journ. of Comp. Path.*, 33, 1920, p. 1.

une tendance à la régénération et surtout aux tumeurs, plus marquée que chez les autres mammifères.

1° *La Jaagziekte*, affection chronique des troupeaux de l'Afrique du Sud, aboutit à des lésions d'épithélioma identiques selon nous aux précédentes. Ce fait qui avait échappé aux premiers investigateurs vient seulement d'être mis en évidence par de Kock [1] qui considère même cette forme néoplasique comme la seule typique.

2° *Polyadénomatose;* étudiée par les chercheurs de Leipzig elle est en réalité identique à nos lésions et c'est sans doute parce que les métastases leur avaient échappés, qu'ils ont méconnu la malignité et employé le terme de polyadénome.

3° Dans les *pneumonies vermineuses* Mac Fadyean distingue une forme particulière due au *S. rufescens* dont les lésions terminales offrent selon nous la même identité. Cowdry après examen de ses préparations déclare qu'il est impossible de les distinguer de la Jaagziekte.

4° *Clavelée.* — Ses lésions pourraient être rapprochées des précédentes. Toutefois leur évolution rapide et surtout leurs particularités cytologiques doivent les faire mettre à part.

En résumé nos recherches aboutissent à deux conclusions fondamentales : nature maligne des lésions et origine parasitaire qui tantôt l'une, tantôt l'autre et ordinairement toutes les deux, sont restées méconnues jusqu'ici. Les auteurs de Leipzig ont reconnu le rôle des strongles mais sans soupçonner le cancer; de Kock ne précise pas la nature des tumeurs et il n'a pas observé de parasites. Mac Fadyean conteste l'existence d'une véritable néoformation même bénigne.

Il s'agit pour nous d'une nouvelle variété des cancers issus du parasitisme et elle en constituera probablement l'exemple le plus fréquent, en raison du nombre des sujets frappés. Mais il reste à apporter une explication satisfaisante de la rareté des tumeurs par rapport au nombre des animaux infestés, ainsi que du mode d'action des parasites.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

---

(1) *Rep. of the direct. of Vet. educ. and research. Pretoria*, 15, 1929, p. 611 et 1169 (bibliographie).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AOUT 1932.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité montagnarde acquise par la Canne à sucre.* Note [1] de M. J. COSTANTIN.

Grâce aux pépinières de boutures faites en montagne, on a pu dompter d'abord le séreh (à partir de 1888), puis la mosaïque (Jeswiet, en 1928) qui sont deux maladies de la dégénérescence sévissant à Java sur une Canne noble cultivée, à *tige épaisse*, riche en sucre, le *Black Chéribon*. Ce résultat capital fut trouvé par simple empirisme, ce n'en est pas moins une grande découverte.

La préparation de ces boutures montagnardes coûtant très cher, on chercha à libérer les planteurs de ce tribut. Kobus essaya la sélection chimique, mais il échoua complètement; on pensa aussi à l'hybridation (en grand, à partir de 1900), mais l'insuccès fut semblable tant qu'on croisa ensemble des Cannes nobles dégénérées.

En 1897, Kobus fit un voyage dans le nord de l'Inde pour se procurer des Cannes sauvages, c'est ainsi qu'il rapporta *Chunnee*, dont le succès dans les croisements a été éclatant. Introduit d'abord dans l'île Banka où le séreh n'existait pas, ce type spontané ne contracta pas la maladie, et il en fut de même à Java, où la dégénérescence faisait rage partout. *La plante sauvage résistait donc au séreh.*

Ce résultat capital permit d'infuser la résistance aux Cannes dégénérées. Il est à remarquer qu'en 1920, c'est-à-dire *vingt-trois ans* après son introduction, *Chunnee* avait gardé son immunité (Erkelens).

---

[1] Séance du 25 juillet 1932.

Malheureusement cette résistance absolue devait finir par sombrer et, en 1922, Van Harreveld constata la contamination complète de *Chunnee* dont la cure d'altitude ne parvint pas à opérer la guérison. Il est regrettable que les agronomes hollandais n'aient pas précisé avec exactitude comment s'est produite cette disparition de l'immunité.

En 1897, on ne connaissait pas la dégénérescence pathologique de la Canne dans l'Inde, car l'apparition première est peut-être de 1921 ou de 1925 (Dastur, Mc Rae, Sunderaraman). L'immunité des Cannes sauvages pouvait découler simplement de l'absence de parasite dans le nord de l'Inde; mais, après l'introduction à Java, on ne pouvait plus admettre cette manière de voir : il devait s'agir d'une *qualité acquise héréditairement* par suite de la vie montagnarde ou nordique.

C'est sur les premiers contreforts de l'Himalaya ou dans les immenses plaines du Bihar, du Punjab (N-O), de l'Assam (N-E), etc. que se rencontraient les très nombreuses Cannes sauvages. Cette contrée s'étendait jusqu'à 1000 milles de l'Himalaya et ocupait 2 à 3 millions d'acres. Le port de ces plantes spontanées (1) a complètement dérouté certains voyageurs par son aspect étrange et ils n'y ont pas reconnu la Canne. Par suite de la rigueur du climat qui est très froid, car il y gèle souvent, le facies a été modifié : la *tige est mince*, souvent couchée, tallant abondamment, n'ayant presque pas de sucre et, par cela même, ne présentant aucun intérêt industriel.

Quelques *Cannes à tiges épaisses* (en petit nombre) ont été introduites dans ces rudes contrées et elles y sont cultivées assez grossièrement. On fume les boutures et on vend ces plantes dans les bazars indiens sous le nom indigène de « gur », masticatoire sucré. Elles dégénèrent parfois et ressemblent alors beaucoup aux Cannes sauvages.

La rusticité primitive des Cannes sauvages est en connexion évidente avec la *résistance* à la dégénérescence, propriété acquise par la vie en pays froid et montagnard. Elle est liée de plus à la *minceur de la tige*, à la *précocité* de maturation et au faible tonnage en sucre (*productivité*) (2).

Récemment, en 1929, Mc Rae et Subramanian ont repris l'étude approfondie des Cannes *minces* du nord de l'Inde et ils sont arrivés à des résultats très intéressants.

---

(1) Dont Barber (1914 et 1915) a fait l'étude, comprend 60 types distincts, on les appelle *Saccharum Barberi*. On rencontre en montagne à Java (Mont Tjérémé, Volcan de Moeriah) le *S. spontanum* analogue.

(2) Earle, en 1929, a insisté sur les deux caractères de précocité et de productivité (comme dans la Pomme de terre, d'après Costantin, Lebard et Magrou, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 902), mais cet auteur laissa de côté la résistance.

I. *Cannes minces cultivées en pays froid.* — Ils désignent ces Cannes minces par les symboles C_0 205 [1], C_0 210, etc. Dans le nord de l'Inde (station de Pusa, Bihar), malgré le voisinage de types mosaïqués, la contagion a été nulle ou tellement faible qu'elle était négligeable (0,008 pour 100 de maladies ou 0,1, 0,5 pour 100). Très rarement on a eu 1,2 ou 1,8 pour 100 de maladies.

Dans le Punjab, à Karnal, pays également froid, la contamination a été nulle (C_0 205, 213, 287, 290).

Ces expériences sont assez nombreuses pour qu'on admette la conclusion des auteurs : « *toutes les Cannes minces sont résistantes* ».

II. *Cannes à tiges épaisses cultivées en pays chauds.* — Elles se contaminent fortement : 42 pour 100, 75 pour 100, 100 pour 100 (Madras, Bombay, Birmanie). Donc la *susceptibilité à la mosaïque est très grande* et la *contamination peut être complète.*

III. *Cannes minces transportées en pays chaud* ou *Cannes épaisses indemnes en pays moins chauds.* — Les premières *minces* transportées à Coïmbatore, province de Madras, s'infestent souvent : 16 à 19 pour 100 (Madras, très au sud); si ensuite, on les transporte à nouveau plus au nord : 13 pour 100 (Bombay, plus au nord), 3 pour 100 (Punjab, très au nord) (parfois plus cependant 10 et 20 pour 100 pour les cas épars où le climat plus froid n'agit pas de suite).

Les secondes *épaisses*, qui devaient être indemnes à Java (par traitement montagnard) se sont contaminées d'une manière variable : Bombay (Manjary) 4 pour 100 (POJ 2727); Birmanie (Mandalay ou Allanmayo) 80 à 100 pour 100 (POJ 213); d'autres variétés méridionales (Malabari, probablement de Malabar) ont donné à Bombay (Amalsad) plus au nord 13 pour 100 de malades; Cavangire (probablement d'origine japonaise et regardé comme possédant l'immunité) a donné à Bombay (Manjari) très peu de malades, etc. Cannes *épaisses* du nord de l'Inde, dont il n'y a qu'un petit nombre, sont fortement attaquées par la mosaïque à Madras, dans la proportion de 100 pour 100 communément.

Il semble que tous ces faits plaident en faveur des conceptions lamarckiennes. Elles s'appuient d'autre part sur les résultats des belles recherches de Blàskelee sur l'action du radium et des rayons X, de Belling sur le froid, de Wettstein sur les Euphraises, de Smith (H. B.) sur les Mélilots annuels et bisannuels, de M. et Mme Magrou sur les Oursins et les actions biologiques à distance du *Bacterium tumæfaciens*, etc. On a donc l'espoir que cette théorie, qui a été trop dédaignée par certains savants, est destinée à jouer un grand rôle dans la pratique agricole.

---

[1] D'après un renseignement récent de Brandes (*Facts about Sugar*, 26, XI, 1931, p. 490-491, 3 fig.), C_0 205 est le terme F_1 d'un hybride (*Saccharum spontaneum* × *S. officinarum*), mais cela importe peu : le caractère sauvage (*minceur* de la tige) y domine. Ceci s'appliquerait peut-être à d'autres variétés C_0 et peut-être aussi à *Barberi* et *Chunnee* (?).

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur le Congrès international d'Électricité de* 1932. Note de M. **Paul Janet**.

Un très important Congrès international d'Électricité a eu lieu à Paris, sous ma présidence, du 5 au 12 juillet dernier. Il me paraît intéressant de donner à l'Académie quelques renseignements à ce sujet.

Ce Congrès, organisé par la Société française des Électriciens, la Société française de Physique, le Comité électrotechnique français et l'Union des Syndicats de l'Électricité, était destiné à commémorer le cinquantenaire du célèbre Congrès international des Électriciens tenu à Paris en 1881, où, comme on le sait, fut fondé le système actuel des Unités électriques. Il devait renouer la chaîne des grands Congrès internationaux d'Électricité qui s'étaient tenus à Paris (1889), Chicago (1893), Paris (1900), Saint-Louis (1904).

Depuis cette époque, d'assez nombreuses réunions internationales ont eu lieu, les unes consacrées uniquement à la Science pure, les autres uniquement aux applications. Il nous a paru que le moment était particulièrement favorable pour rapprocher les deux points de vue dans une grande manifestation d'ensemble. Le caractère essentiel du Congrès de 1932 a donc été à la fois scientifique et technique, à l'exclusion de toute considération industrielle ou financière. Il était divisé en treize sections, à savoir :

1° Science de l'Électricité et du Magnétisme;
2° Mesures électriques;
3° Production et transformation de l'énergie électrique;
4° Transmission et distribution de l'énergie électrique;
5° Traction électrique; applications mécaniques;
6° Éclairage électrique; photométrie;
7° Électrochimie, électrométallurgie; piles et accumulateurs;
8° Télécommunications par fil;
9° Phénomène de haute fréquence;
10° Radiologie; électrobiologie;
11° Électricité atmosphérique; magnétisme terrestre;
12° Applications diverses;
13° Histoire et enseignement de l'Électricité.

La liste des rapports prévus avait été dressée par un Comité scientifique et technique présidé par M. P. Langevin et assisté dans la plupart des

grands pays par des Comités locaux qui nous ont apporté une précieuse collaboration. Tous ces rapports ont été confiés aux savants ou techniciens les plus qualifiés par leurs travaux et leurs recherches personnelles pour traiter avec la plus grande compétence les sujets qui leur étaient confiés.

Le Congrès s'est ouvert le 5 juillet dernier; toutes les séances se sont tenues à la salle Pleyel, sauf la séance d'ouverture qui a eu lieu sous la présidence de M. le Président de la République dans le grand Amphithéâtre de la Sorbonne; plus de 1300 membres étaient inscrits, et l'on peut évaluer à 800 le nombre des Congressistes présents à Paris. Quarante pays environ avaient des représentants, 17 des délégations officielles.

Le nombre des rapports présentés a été de 244 dont 154 confiés à des étrangers et 90 à des Français. Le nombre des rapporteurs étrangers présents à Paris, et ayant pu, par conséquent, exposer eux-mêmes leurs rapports a été de 88. Nous ne pouvons songer à les nommer tous ici. Citons seulement ceux qui prirent la parole à la première section consacrée à la Science de l'Électricité et du Magnétisme. Cette section, présidée par M. H. Abraham, entendit les rapports de MM. da C. Andrade, Debye, Fermi, R. de L. Kronig, Mc Lennan, London, Rausch von Traubenberg, Richardson, Schrœdinger, Sommerfeld, Wertenstein, Zeeman. Cette énumération montre qu'indépendamment de nos collègues français, les noms les plus représentatifs de la Physique moderne étaient présents à cette section, il en est résulté une mise au point de premier ordre des grandes questions soulevées aujourd'hui par les théories de l'Électricité et du Magnétisme.

Ce que nous venons de dire de la première section s'applique à toutes les autres; l'œuvre du Congrès s'étendra donc bien au delà des quelques jours pendant lesquels il s'est tenu; elle sera rassemblée dans une très importante publication de 10 à 12 volumes admirablement représentative de l'état actuel de la Science de l'Électricité et de ses Applications. Je me propose, en temps utile, d'en faire hommage à l'Académie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude quantitative de l'adsorption des cations métalliques par la cellulose*. Note de M. **P. Pascal** et Mlle **J. Hansot**.

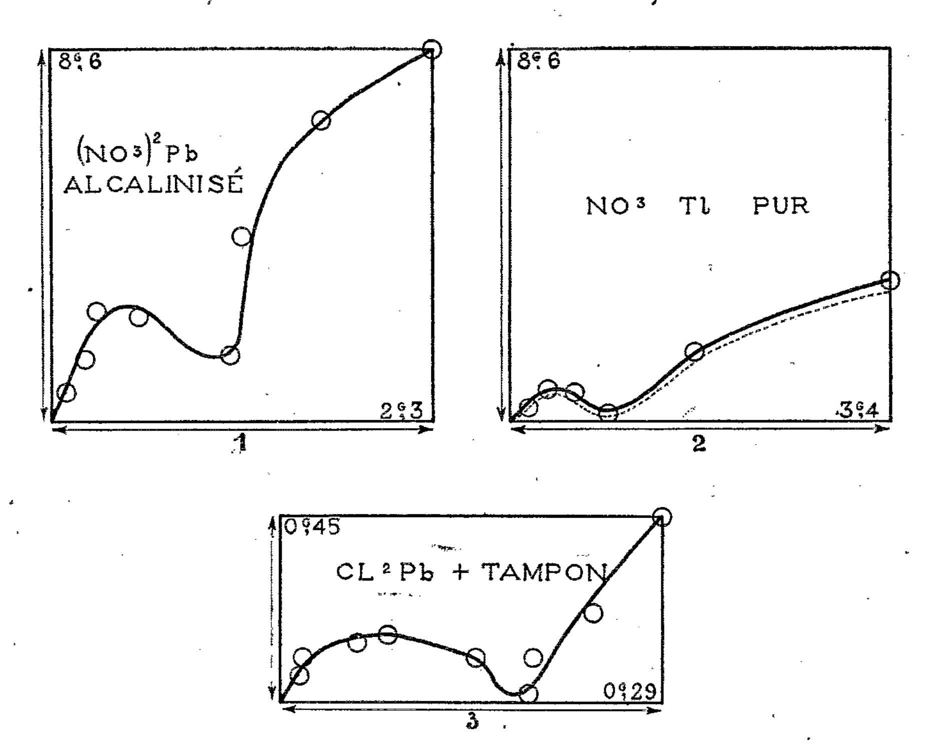
On sait que la cellulose retient par adsorption les métaux lourds dont on laisse les solutions salines à son contact (1).

---

(1) Vignon, *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 517, 584 et 645.

Le phénomène a été souvent invoqué (¹) pour répondre d'erreurs analytiques, imputables aux filtrations sur papier. Nous nous sommes proposé d'étudier quantitativement ce phénomène, considéré seulement jusqu'ici du point de vue qualitatif.

Les résultats les plus intéressants ont été présentés par les sels de plomb (chlorure, azotate, picrate) ou de thallium (azotate) pris en solutions très diluées, tantôt pures, tantôt tamponnées et dans lesquelles on a laissé séjourner, jusqu'à l'équilibre, du coton hydrophile chirurgical, homogénéisé avec soin. La température, dont les variations usuelles sont sans influence sensible, est restée fixée aux environs de 17°.



La quantité de métal adsorbé a été évaluée par colorimétrie du liquide de mouillage, avant et après le contact, grâce à la formation d'un sulfure colloïdal, *protégé* par de la gélatine. La mise au point de cette méthode de dosage nous a assuré une erreur relative d'au plus 3 pour 100. Les résultats sont traduits (courbes en traits pleins) en donnant le poids en

(¹) MANSIER, *Journal de Pharmacie et Chimie*, 6e série, 16, 1902, p. 60 et 116.

grammes du métal retenu par 100 grammes de coton sec, en fonction de la teneur des solutions restantes, exprimée en grammes de métal contenu par litre de liquide.

On a parfois (courbe pointillée) tenu compte du sel simplement apporté par l'eau retenue à l'intérieur de la fibre en admettant que sa concentration y est restée la même qu'à l'extérieur.

Les courbes 1, 2 et 3 représentent respectivement l'adsorption de métal dans les cas suivants : 1° azotate de plomb alcalinisé par un excès d'acétate de sodium; 2° azotate de thallium pur; 3° chlorure de plomb, tamponné à pH = 4,8.

Dans tous ces cas, il existe une concentration caractéristique du sel pour laquelle l'adsorption métallique passe par un minimum très net, en solution diluée et parfois voisin de zéro.

Nous avons constaté d'autre part, au moins dans le cas du chlorure de plomb en solution pure, que l'anion du sel ne participait pas à l'adsorption, tandis que le pH du liquide manifestait une baisse importante en fin d'équilibre. Le métal semble donc retenu à l'état d'hydroxyde dans ce cas particulier.

Nous nous proposons de discuter la raison du minimum d'adsorption quand nous aurons étudié le rôle que joue le pH des liquides dans ces phénomènes.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une curieuse greffe de Châtaignier et de Poirier.* Note (1) de M. LUCIEN DANIEL.

Le greffage est une des opérations d'horticulture qui fournit le plus de résultats exceptionnels paradoxaux. Un des plus curieux, c'est la singulière greffe d'un Châtaignier sur un Poirier à cidre, découverte à la ferme du Souil, en Châtillon-sur-Colmont (Mayenne) par mon neveu, M. Léon Renault, médecin-vétérinaire à Gorron, qui me l'a fait connaître et contrôler.

Elle est formée d'un gros Poirier plus que centenaire dont le tronc régulier a $0^m,80$ d'épaisseur et se divise en deux branches inégales à 2^m au-dessus du sol. Dans la fourche de celles-ci est inséré un Châtaignier qui s'y est développé à la façon d'une greffe ordinaire à deux greffons de vigueur semblable. Il est formé de deux grosses branches dont l'une s'est soudée,

(1) Séance du 25 juillet 1932.

sur une longueur de 1^{m} avec la plus grosse branche du Poirier et est devenue libre ensuite. L'autre qui, au début de sa croissance, a traversé obliquement la seconde branche du Poirier, a pris par la suite un tel développement qu'elle a étouffé celle-ci en grande partie tout en restant soudée à elle à son passage au travers des tissus, comme dans les greffes à la tarière des Anciens.

D'autres branches de Châtaignier, plus petites, sont perpendiculaires à l'axe du tronc du Poirier, situées à son extérieur et sont en continuité directe avec lui.

Actuellement (17 juillet dernier), la charpente de l'association présente deux parties : d'une part se voient les larges feuilles dentées et les chatons en pleine floraison du Châtaignier; de l'autre les feuilles plus petites et d'un vert différent du Poirier. A l'automne l'arbre donne des poires et des châtaignes bien que l'appareil aérien complexe soit porté par un tronc commun. Cette dualité d'aspect constitue un saisissant contraste qui attire l'attention du passant et si le *fait* n'a pas encore été signalé, c'est que le phénomène est situé à l'intérieur des terres dans un coin peu fréquenté.

L'existence d'une telle association de longue durée déjà, et que chacun pourra désormais contrôler comme je l'ai fait moi-même, n'est pas seulement une curiosité, mais c'est un document susceptible d'apporter une sérieuse contribution à la solution de problèmes discutés depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours. Je me propose d'étudier, dans un travail ultérieur, l'origine de cette greffe, la catégorie de symbioses dans laquelle elle devra être classée et les relations morphologiques et physiologiques existant entre les associés.

Ces jours derniers, j'ai perforé le tronc du Poirier avec une mèche étroite et longue. J'ai constaté qu'il est creux et contient du Châtaignier à son intérieur. Il s'agit donc, non d'une hémibiose dont l'association a l'aspect extérieur, mais d'une *parabiose complexe* et bizarre dont je ne connais pas d'autre exemple.

Pour expliquer sa formation, une seule hypothèse est plausible. Dans la fourche du Poirier, alors qu'il était déjà assez gros, un animal (geai ou écureuil) a dû laisser tomber une châtaigne. Celle-ci y a germé; sa racine s'est introduite dans le bois du Poirier en le décomposant et le digérant; finalement elle a atteint le sol et y a puisé directement sa nourriture. L'appareil aérien, au cours de son développement concomitant, s'est soudé au Poirier en trois endroits de façon différente, avec les deux branches du Poirier et avec le tronc, en prenant l'aspect d'une greffe ordinaire.

Ces *soudures* différencient nettement la parabiose en question des semis naturels qui se rencontrent dans les arbres creux de familles éloignées qui ne sont pas des greffes puisqu'ils sont complètement indépendants de leur support.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Étude comparative des processus cinétiques initiaux chez l'œuf d'*Hyla *fécondé aux divers stades d'immaturité et de surmaturité.* Note (¹) de MM. **E. Bataillon** et **Tchou Su**.

Nous avons signalé (²) aux premiers stades d'*immaturité* compatibles avec la fécondation, l'abolition sur l'œuf d'*Hyla* de la réaction éliminatrice et de l'orientation, une polyspermie intense et un tableau impressionnant de mitoses mâles pseudopolaires figées à la périphérie comme la mitose polaire elle-même. Ces symptômes étant reproduits expérimentalement sur l'œuf mûr traité par CO^2, nous prouvions l'importance majeure de la charge carbonique au cours de la maturation.

De grosses lacunes restaient à combler : d'abord la marge très étendue qui va de cette condition primitive à celle de l'œuf monospermique apte à l'embryogenèse normale, et puis les divers stades de surmaturité qui nous ramènent aux symptômes initiaux.

Ces lacunes, nous allons les combler partiellement *en partant des œufs surmatures.*

Premier stade de surmaturité : abolition de l'amphimixie dans la fécondation monospermique. — C'est l'évolution autonome des pronuclei, réalisant sur l'œuf indivis le cas remarquable décrit par Ziegler sur l'œuf étranglé d'Oursin, par Wilson sur le même matériel fécondé et partiellement revenu, à l'eau de mer, de l'action inhibitrice d'un traitement par l'éther.

Une femelle d'*Hyla*, désaccouplée, recueillie le 3 avril, est conservée à sec : elle pond partiellement pendant la nuit. Les œufs restés dans l'utérus sont fécondés le lendemain : un premier stock à 10h5m, un deuxième à 13h40m. Le disque polaire sombre, symptôme de la réaction épuratrice, se contracte lentement et imparfaitement dans un délai doublé (20 minutes). L'orientation n'est qu'approximative sur les deux tiers des œufs. Près de la moitié sont polyspermiques; le reste est monospermique, et pourtant 2 œufs seulement sur 92 se cliveront.

Donc, une bonne moitié du stock est réfractaire à la division et ne montrera dans la suite que des incisions rares et fugaces, malgré l'intervention certaine d'un seul élément mâle. A la deuxième opération, qui, à l'examen sur le vif, reproduit la première, nous fixons pour l'étude cytologique et au hasard des œufs monospermiques entre 50 et 60 minutes, puis entre 1h50m et 2h. C'est sur ces derniers que nous rencon-

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

(²) E. Bataillon et Tchou Su, *Études analytiques et expérimentales sur les rythmes cinétiques dans l'œuf* (*Arch. de Biologie*, 40, 1930, p. 439-540).

trons, *cinq fois sur sept*, un *monaster femelle* épanoui au milieu de l'hémisphère animal, *une anaphase haploïde mâle* restée excentrique et munie d'asters polaires peu étendus.

Une activation déficiente réalise sur ces œufs faiblement surmatures la même autonomie cinétique des pronuclei, le même isolement physiologique que l'étranglement (Ziegler), ou le traitement par l'éther (Wilson) chez l'œuf fécondé d'Oursin. Ajoutons que cette dissociation a été obtenue par nous précédemment sur l'œuf fécondé de *Bombyx*, traité au chloroforme : avec une réaction modérée, *c'était la parthénogénèse* (les cinèses mâles autonomes étant condamnées à l'avortement); avec une réaction forte, *c'était le blocage total*, le pronucleus femelle restant inerte sur l'aire polaire.

Un autre symptôme frappant se manifeste sur notre *matériel Hyla* fixé à la fin de la première heure : 2 *œufs sur* 3 *ont retenu leur deuxième noyau polaire*. C'est la réciproque des observations et expériences faites chez le *Bombyx*, où les œufs bivoltins de première génération éliminent couramment un globule à la deuxième division maturatrice, phénomène très exceptionnel à la deuxième génération. Si, chez les premiers, plus petits et plus riches en plasma actif, l'expulsion est liée à une réaction membranogène plus marquée; si, à volonté, nous provoquons cette émission à la deuxième génération par une activation énergique au chloroforme : alors, la rétention par les œufs surmatures d'*Hyla*, du deuxième globule qui normalement s'isole, nous apparaît bien comme la réciproque du cas de l'Insecte. *Contraction épuratrice lente et imparfaite*, *réduction du gel astérien* qui crée l'isolement des pronuclei, *abolition de la deuxième émission polaire* : voilà une série homogène de faits, tous symptomatiques d'une activation déficiente.

Et alors, nous ne serons point surpris de retrouver sporadiquement, *à la condition d'immaturité cette fois*, la monospermie avec le même degré d'activation partielle et la même dissociation des rythmes cinétiques (monaster ♀, amphiaster ♂). C'est l'œuf utérin de *Rana fusca* qui reproduit ce tableau à un stade où les oviductes sont encore pleins (une faible partie du stock étant encore libre dans la cavité générale). Jamais nous n'aurions su interpréter ces cas isolés fournis par la *Grenouille immature*, avant de les avoir rencontrés si nets dans les *œufs surmatures d'Hyla*, et sans l'idée directrice qui va se préciser avec l'étude d'autres étapes.

Deuxième stade de surmaturité : monospermie et blocage des deux pronuclei. — En poussant plus loin le contrôle d'un même stock, et sans qu'il

soit possible de partir d'un point fixe de surmaturité pour chaque reproducteur, la réaction de l'œuf au contact des spermies s'atténue.

Une femelle pleine recueillie la veille nous donne le 2 avril au matin une fécondation normale. Une deuxième opération est faite 8 heures plus tard : le délai de la réaction est triplé (30 min.), mais 65 œufs fournissent encore 45 larves. Le lendemain, 55 œufs pris dans l'utérus non ouvert ne donnent que 6 embryons. La réaction est très estompée et l'orientation reste imparfaite après 60 minutes. 34 œufs monospermiques ne se clivent pas (il y a des cas de polyspermie faible). Ce sont les monospermes que nous fixons à la 6e heure et qui nous montrent régulièrement *deux mitoses bloquées* (mitose ♀ bien reconnaissable, cinèse ♂ pseudopolaire : nous connaissons ces figures mâles, et nous avons rencontré des *œufs immatures d'Urodèles* qui, eux aussi, n'en montraient qu'une.

Ici donc, l'activation partielle a été suffisante pour assurer la monospermie, mais assez limitée pour figer les deux mitoses comme dans la polyspermie intense des œufs qui ne réagissent plus. Nous arrivons ainsi au cas d'inertie extrême.

Troisième stade de surmaturité : abolition de l'activation, polyspermie, abondance de stéréomitoses. — Un nouveau délai de 24 heures nous conduit, pour le même matériel, à l'afflux des spermies sans réaction. Ce stade ultime est *caractérisé à l'examen direct* par l'effacement des mouvements pigmentaires, l'absence d'orientation, des piqûres spermatiques qui ne noircissent pas, une cytolyse extrêmement lente. *Cytologiquement*, tous les pronuclei sont figés en cinèse comme ils l'étaient au début de la maturation.

Ainsi, l'œuf parcourt une courbe *d'activabilité croissante* jusqu'à la ponte normale, puis *décroissante* jusqu'à l'altération finale :

Il y a des complications que nous négligeons volontairement : par exemple, aux *stades d'immaturité* qui précèdent l'optimum, les degrés de réaction, qui commandent les anomalies classiques de l'embryogenèse : clivage limité au pôle animal, gastrulation équatoriale, hernies vitellines, asyntaxies, etc. Nous provoquions ces anomalies il y a plus de 30 ans par l'hypertonie et la chaleur.

Elles devraient s'échelonner en sens inverse à la condition de surmaturité légère, avant le premier stade visé ci-dessus, *si le déterminisme dont nous jalonnons les symptômes était simple*. Nous ne croyons pas qu'il le soit ; et ces troubles n'ont pas été saisis à l'origine du *tronçon de surmaturité* de notre courbe.

Notre conclusion ne vaut du reste que pour les conditions où nous nous sommes placés, et qui seront discutées ailleurs.

*A l'amphimixie normale correspond pour l'œuf d'*Hyla *un optimum d'activation, un point culminant en deçà et au delà duquel la réaction fléchit, passant par des niveaux d'intensité décroissante, marqués des mêmes symptômes.*

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les directions de Julia et de Borel des fonctions entières d'ordre fini.* Note (¹) de M. **Vladimir Bernstein**, présentée par M. Hadamard.

La publication récente de plusieurs Notes de Mlle M. L. Cartwright et la lecture d'un Mémoire récent de M. G. Valiron me permettent de préciser quelques-uns des résultats que j'ai récemment publiés (²).

1. Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans un secteur $S(\alpha \leqq \arg z \leqq \beta)$ et d'ordre précisé $\rho(r)$ dans S. Nous poserons

$$(1) \qquad H(\varphi) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log|f(re^{i\varphi})|}{r^{\rho(r)}}, \qquad h(\varphi) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|}{r^{\rho(r)}}.$$

Si $H(\varphi) \equiv 0$ et si, à l'intérieur de S, il existe une courbe Γ s'éloignant à l'infini, sur laquelle $\log|f(re^{i\varphi})|/r^{\rho(r)} \to 0$ pour $r \to \infty$, nous dirons que $f(z)$ est *régulièrement* d'ordre $\rho(r)$ et de type minimum dans S. Il importe de souligner que les fonctions entières d'ordre inférieur à ρ, suivant la terminologie ordinaire, rentrent dans cette définition du type minimum de l'ordre $\rho(r)$.

Nous dirons que le point φ_0 est un point sinusoïdal pour la fonction $h = h(\varphi)$ si l'on peut déterminer $\delta > 0$ de telle sorte que l'on ait $h(\varphi) = A\cos\rho\varphi + B\sin\rho\varphi$, pour $|\varphi - \varphi_0| < \delta$, A et B étant des constantes. Cela posé, considérons le cas, où $\rho(r) \equiv \rho$; on a alors le théorème suivant : *Désignons par $\pi(z)$ soit la constante zéro, soit une fonction arbitraire qui est régulièrement d'ordre ρ et de type minimum dans le secteur $S(\delta)$: $|\arg z| < \delta$; alors, si $\varphi = 0$ est un point non sinusoïdal pour la fonction $h(\varphi)$, la direction de l'axe positif est une direction de Borel d'ordre ρ pour toutes les fonctions* $F(z) = f(z) + \pi(z)e^{[h(0)+iq]z^\rho}$ $(q = \text{const.})$, *sauf peut-être pour celles qui correspondent à une certaine fonction exceptionnelle $\pi_0(z)$.*

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

(²) Voir Mlle M. L. Cartwright, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1889, 2280; G. Valiron, *Ann. di Mat.*, 9, 1931, p. 273; V. Bernstein, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 350, 1629, 1887. Ces travaux seront respectivement indiqués par C1, C2, V, B1, B2, B3.

L'axe réel est une direction de Borel d'ordre ρ pour toutes les fonctions $\Phi(z) = f(z)e^{-[h(0)+iq]z^{\rho}} + \pi(z)$ (cf. V, p. 279 et C 1, th. IV), mais il peut exister une fonction $\pi_0(z)$, et une seule, telle que zéro soit une valeur exceptionnelle pour $\Phi(z)$ dans le secteur $S(\delta)$. Si $\pi(z)$ est différent de $\pi_0(z)$, $F(z)$ prend dans chaque cercle de remplissage de $\Phi(z)$ aussi bien la valeur zéro, que des valeurs très grandes, et il suffit d'appliquer un théorème de M. Milloux [1] pour obtenir le théorème annoncé.

On obtient un théorème analogue pour le cas d'un ordre précisé $\rho(r)$ *quelconque;* pour l'obtenir, on doit remplacer l'exponentielle, dans la définition de $F(z)$, par la fonction $V(z)$, pour laquelle $\log|V(z)| \sim r^{\rho(r)} \cos \rho\varphi$ pour $|\arg z| < \pi/\rho$ [2].

2. Soit maintenant $f(z) = \Sigma a_n z^n$ une fonction entière d'ordre un et de type moyen; posons $F(x) = \Sigma n!\, a_n x^n$ et considérons le polygone de sommabilité $\mathcal{B}$ de $F(x)$. Désignons par A un point extrême de $\mathcal{B}$; soient C le cercle décrit sur le segment OA comme diamètre, et C′ un cercle concentrique de rayon supérieur. Soit encore P un point de la circonférence C qui n'est pas intérieur par rapport à $\mathcal{B}$ et soit γ un angle d'ouverture $< \pi$, ayant P pour sommet et le prolongement de OP pour bissectrice; enfin, soit D la partie de C′ extérieure à γ. Désignons par $\Pi(x)$ soit la constante zéro, soit une fonction arbitraire, holomorphe dans D, et pour laquelle P est ou bien un pôle, ou bien un point singulier essentiel, ou bien un pôle algébro-logarithmique du type indiqué dans ma Note B 1. Soit $\Pi(x) = \Sigma n!\, p_n x^n$ le développement de $\Pi(x)$ autour de l'origine, et soit $\pi(x) = \Sigma p_n x^n$. Nous pouvons alors affirmer que *le rayon-vecteur du point* A *détermine une direction de Borel d'ordre un pour toutes les fonctions* $f(x) + \pi(x)$, *sauf peut-être pour une seule de ces fonctions.* Si l'on se reporte au diagramme indicateur de M. Pólya, on voit que cette proposition est une conséquence immédiate du théorème du n° 1. Elle montre que les fonctions $f(x)$, pour lesquelles l'hypothèse sur la distribution des droites de Julia que j'ai formulée récemment (voir B 1 et B 2) n'est pas vérifiée, peuvent être considérées comme fonctions exceptionnelles. De telles fonctions exceptionnelles existent d'ailleurs réellement, comme l'a montré Mlle Cartwright (voir C 2).

3. Reportons-nous maintenant aux notations de B 3 (le lecteur est prié

---

[1] *Acta mathematica*, 52, 1928, p. 202, et *Proc. Phys. Math. Soc. of Japan*, 12, 1930, p. 18.

[2] Voir G. Valiron, *Ann. Fac. Sc. Toul.*, 5, 1913, p. 232.

de corriger les erreurs matérielles signalées dans l'*Errata*, p. 2247 du Tome 194 des *Comptes rendus*) et supposons que $\rho(r)$ vérifie les conditions indiquées à la fin de cette Note [ce qui a lieu en particulier, pour $\rho(r) \equiv \rho$]. Nommons pseudo-sommet de l'étoile $\Sigma_{\pi/\rho}$ de $F_1(z)$ chaque point qui, sur le contour de $\Sigma_{\pi/\rho}$, ne peut pas être considéré comme intérieur à un arc d'hyperbole $r^\rho \cos\rho(\varphi - \varphi_0) = \text{const}$. Le théorème du n° 1 nous permet de démontrer pour le cas présent un théorème analogue à celui du n° 2; on en déduira que, tout au moins quand $\rho(r)$ satisfait aux conditions de la fin de B3, les rayons vecteurs des pseudo-sommets de $\Sigma_{\pi/\rho}$ déterminent des droites de Borel d'ordre $\rho(r)$, sauf pour certaines fonctions exceptionnelles (au sens du n° 2).

4. Les résultats de B3, qui ne se rapportent qu'à la fonction $h(\varphi)$, peuvent être précisés de façon à permettre aussi le calcul des valeurs négatives possibles de $H(\varphi)$. On obtient (cf. Pólya, *loc. cit.*, dans B3) le résultat suivant : *une condition nécessaire et suffisante pour que l'on ait* $H(\psi) \leqq p$ (*p-réel quelconque*) *est que la fonction* $\Psi(z) = F_1(\sqrt[\rho]{e^{i\psi} z^{-1}})$ *soit holomorphe dans le demi-plan* $\mathcal{R}(z) > p$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la précision de l'action d'un vent rapidement variable. Application à l'effet Katzmayr et à l'autorotation.* Note de M. **A. Lafay**, transmise par M. Ch. Fabry.

Des expériences sur l'action subie par une aile placée dans un vent dont la direction ou la vitesse variait rapidement m'ont conduit à conclure, en 1914 [1], que, lorsque cette rapidité ne dépasse pas celle qui est normalement atteinte en aviation, on peut prévoir et estimer, avec une assez grande précision (supérieure à 1/10e) l'action d'un vent variable, en supposant que les forces aérodynamiques sont, à un instant quelconque, égales à celles que l'on obtiendrait, à l'état de régime permanent, en maintenant invariable le déplacement relatif qu'a, à l'instant considéré, l'air par rapport à l'objet sur lequel il agit.

J'ai récemment vérifié l'exactitude de cette assertion pour l'effet Katzmayr qui consiste, comme on le sait, dans la possibilité de faire avancer spontanément une aile contre un vent oscillant. Les éléments nécessaires à

(1) A. Lafay, *Effet exercé sur une aile par un vent rapidement variable* (*La Technique moderne*, 8, 1914, p. 329).

cette vérification m'ont été fournis par une étude expérimentale approfondie de ce phénomène, faite en 1923 par M. Toussaint et ses collaborateurs à l'Institut aérodynamique de l'Université de Paris.

Les données extraites de ce travail m'ont permis de tracer la polaire de Lilienthal de l'aile S. C. 100 sur laquelle ont porté les plus nombreuses expériences. Cette courbe m'a servi à évaluer la somme géométrique moyenne des forces correspondant aux diverses inclinaisons relatives successives de l'aile par rapport à un vent dont la direction était supposée osciller pendulairement, et ce calcul m'a conduit à constater que dans certaines conditions, qui sont précisément celles qu'indique l'expérience, la force moyenne, ainsi obtenue, a une composante de sens opposé au vent.

Il est remarquable que cet accord ne soit pas simplement qualitatif et que les résultats déduits, par le calcul, de données purement statiques, soient très rapprochés de ceux qui ont été directement observés par M. Toussaint.

Il y a donc lieu de penser que les mêmes opérations, répétées sur les polaires des profils actuellement catalogués, permettraient de déterminer, *a priori*, ceux qui sont le plus avantageux pour la mise en évidence et l'utilisation de l'effet Katzmayr.

Au point de vue des applications la difficulté, provenant de ce que les ondulations des courants atmosphériques ont des dimensions trop voisines de celles des ailes ordinaires d'avion, pourrait être tournée par l'emploi d'ailes en persiennes qui me paraissent, sous ce rapport, mériter l'attention des adeptes du vol sans moteur.

Les résultats précédents m'ont engagé à appliquer une méthode identique à l'autorotation. On arrive immédiatement à prévoir, de la même manière, que pour que ce phénomène se produise, dans le cas d'une lame allongée tournant autour d'un axe parallèle au vent, il est nécessaire que son profil ait une polaire de Lilienthal admettant des abscisses négatives. Je me borne à signaler cette règle qui est bien conforme à l'ensemble des faits observés pour passer à l'examen de l'autorotation classique d'une plaque rectangulaire autour d'un axe confondu avec sa médiane et disposé normalement au vent.

Il paraît impossible et même absurde d'essayer de rattacher ce phénomène aux actions successives d'une série d'effets statiques, mais cette impossibilité disparaît dès qu'on se rappelle que Rateau a établi que les effets du vent sur une plaque plane ne sont pas fonctions univoques de l'angle d'attaque i.

Les courbes qui représentent la pression résultante et le moment de cette pression par rapport à l'axe se composent chacune de deux arcs qui sont bien définis, l'un de $i = 0°$ à $i = 20°$ environ et l'autre de 50° à 90°, mais qui se raccordent d'une manière essentiellement variable suivant les conditions d'expérience.

La photographie des filets fluides permet de constater que ces arcs correspondent à deux régimes différents : Pour les faibles incidences l'air suit la face dorsale du plan, tandis que pour les incidences élevées il se produit à l'arrière une zone tourbillonnante. En prolongeant ces arcs on constate sur chaque diagramme que celui qui correspond au premier régime passe au-dessus de l'autre.

Or l'on sait que, lorsque plusieurs régimes aérodynamiques peuvent exister dans des conditions déterminées, celui qui s'est antérieurement établi dans des conditions voisines tend à subsister. Il en résulte que le régime des faibles incidences se maintient aux dépens de l'autre quand i croît de 0° à 90° et que l'inverse se produit, dans le quart de tour suivant, lorsque i revient de 90° à 0°.

On déduit alors de la disposition relative des deux axes sur chacun des diagrammes que :

1° La somme des moments des impulsions est positive et peut entretenir la rotation;

2° La pression résultante moyenne a une composante, perpendiculaire au vent, dirigée du côté où ce dernier a le même sens que la vitesse du bord du rectangle tournant.

L'accord qualitatif de ces conséquences avec les faits est aussi satisfaisant que possible, mais des évaluations faites, en admettant des empiètements mutuels vraisemblables des deux régimes, m'ont donné des vitesses de rotation et des composantes transversales inférieures à celles qu'indique l'expérience. La photographie des filets fluides autour d'une plaque en autorotation libre m'a alors montré que le premier régime subsiste de $i = 0°$ jusqu'au delà de 70° et le second jusqu'au retour à $i = 0°$.

L'impossibilité de les réaliser statiquement dans des domaines aussi étendus nous prive des éléments nécessaires à une vérification quantitative. D'ailleurs la vitesse linéaire du bord de la plaque dépasse la moitié de celle du vent alors que, dans mes expériences de 1914 comme dans celles de M. Toussaint, le bord de l'aile n'a pas une vitesse relative supérieure au dixième de celle du vent. Il n'est donc plus possible d'admettre l'identification prise comme point de départ, mais il est facile de réaliser des conditions

pour lesquelles elle devient acceptable. Il suffit pour cela d'augmenter l'inertie de la plaque et de freiner l'autorotation de manière à diminuer suffisamment sa vitesse. La photographie permet alors de vérifier que les deux régimes considérés alternent bien entre eux comme je l'ai indiqué plus haut.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Règles des transpositions avec taux de sécurité homogènes d'équilibre et de stabilité aux déformations critiques (voilements complexes).* Note de MM. **R. de Fleury**, **H. Portier** et **S. Benmakrouha**, transmise par M. Mesnager.

Cette Note, généralisation d'une précédente (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 392) (1), sur le voilement, constitue le point de départ de travaux d'applications, entrepris avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique, pour déterminer les conditions d'emploi des alliages de magnésium en fonction de leurs caractéristiques individuelles. Nous avons été conduits à des fonctions très générales embrassant tous les matériaux dans des formules de similitude, à partir des relations qui définissent les couples fléchissants αPl, les flèches $\beta Pl^3/MI_v$, les couples résistants $\gamma PlR.I_v/V$ et l'angle de torsion parasite $Pl\varepsilon_0/KM(I_v+I_h)$, résultant d'un excentrement initial petit ε_0. Nous avons pu tenir compte d'exigences de sécurité, dites *secondaires* bien que primordiales (plissements ou voilements partiels). Ces derniers facteurs, pour les poutres à parois minces, gouvernent les lois des épaisseurs minima, qu'ils limitent en fonction des modules d'élasticité.

Notations. — I, moment d'inertie; I_v et I_h, composantes telles que $I=I_v+I_h$; ρ, rayon de giration; ρ_v et ρ_h, composantes telles que $\rho^2=\rho_v^2+\rho_h^2$; e, coefficient d'épaisseur locale; M, module d'élasticité; E, limite élastique; $u=I_h/I_v$; v et h, coefficients d'utilisation par rapport aux limites d'équilibre vertical et de stabilité transversale; Ω, section; K, rapport du module de Coulomb au module de Young.

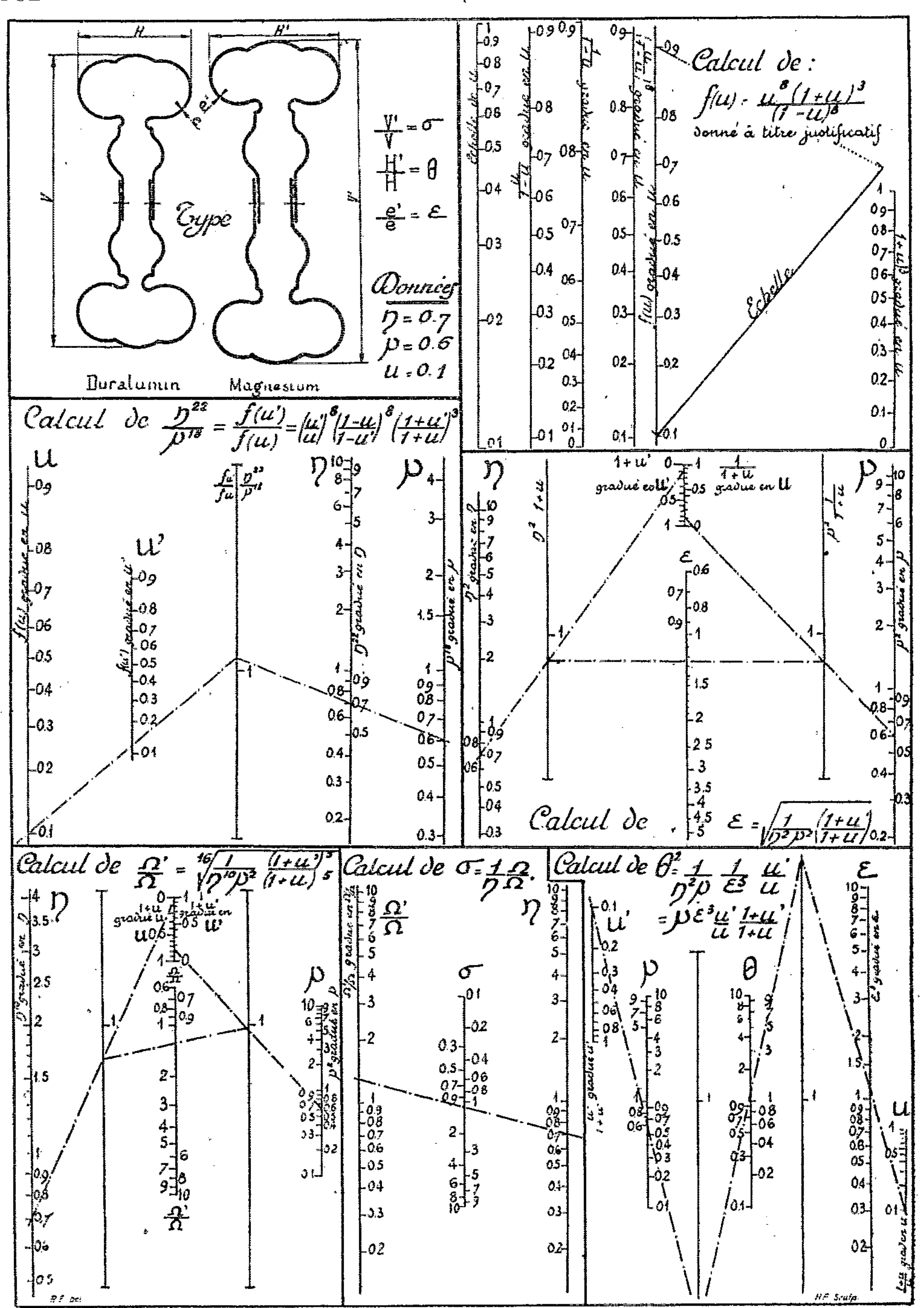
Conditions respectives de résistance et de stabilité :

$$v=\frac{\alpha}{\gamma}Pl\frac{V}{I_v}\cdot\frac{1}{E},\qquad h=\frac{P}{\text{lim max de P (voilement)}}=P\sqrt{\frac{\alpha\beta}{K}}\cdot l^2\cdot\frac{1}{MI}\sqrt{\frac{1-u}{u}}.$$

En outre, pour des raisons de stabilité locale (plissements) s'impose une loi de minimum d'épaisseur des parois : $e^3=k\rho^x/M$.

---

(1) S'y reporter pour les calculs justificatifs en y remplaçant dans les formules (2), (3) et (4) $\sqrt{I_a^2+I_b^2}$ par I_a+I_b.



Cas général des poutres à parois minces ondulées ou (et) en caissons ($x = 2$).

Transposition. — Une poutre en métal X′, transposée d'un métal X, sera affectée des mêmes notations (avec indices : I′, Ω′, ...), complétées par

$$\varepsilon = \frac{e'}{e}, \qquad \sigma = \frac{\rho'_v}{\rho_v}, \qquad \theta = \frac{\rho'_h}{\rho_h}, \qquad \mu = \frac{M'}{M}, \qquad \eta = \frac{E'}{E}.$$

La transposition optima comporte donc trois conditions :

$$h' = h, \qquad v' = v, \qquad \varepsilon^3 = \left(\frac{\rho'}{\rho}\right)^x \mu^{-1},$$

d'où la relation

$$\frac{\eta^{2x+18}}{\mu^{2x+14}} \frac{(1+u)^3}{[u(1-u)]^{x+6}} = \frac{(1+u')^3}{[u'(1-u')]^{x+6}}.$$

x peut prendre les valeurs 0, 1, 2, 3. Nous représentons les abaques donnant ε, Ω'/Ω, σ, θ, pour $x = 2$. Ce cas convient pour des poutres à parois minces, ondulées ou (et) en caissons, travaillant en surcharge seule (charge propre supposée négligeable), avec déformations partielles proportionnelles aux rayons de giration considérés comme bras de levier d'équilibre.

L'exemple de transposition *duralumin-magnésium* d'une poutre initiale de $u = 0,1$ y est figuré. Il met en évidence, eu égard aux densités, un gain de poids de 15 pour 100 avec les mêmes conceptions constructives. Transposée en acier la poutre en duralumin ($\eta = 3$, $\mu = 2,5$) aurait vu son poids s'accroître de 20 pour 100.

Ces formules et abaques sont directement utilisables sur les bases d'un organe préexistant en parois minces, d'autres abaques gouvernant les transpositions des sections massives.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les variations de l'absorption atmosphérique.* Note de M. G. **Rougier**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Dès le printemps de 1928, des mesures photométriques de la Lune ont été entreprises à l'Observatoire de Strasbourg avec le photomètre photoélectrique précédemment décrit (*Comptes rendus*, 194, p. 1319) pour déterminer l'éclairement variable donné par notre satellite en fonction de l'angle de phase.

L'examen des mesures antérieures, entreprises dans le même but, montrait que les écarts élevés, obtenus à des dates différentes pour les éclairements correspondant à des angles de phases très voisins, ne pouvaient être attribués en totalité ni à l'imperfection des méthodes de mesure, ni à des erreurs d'ordre physiologique. Les auteurs adoptaient en effet une

valeur moyenne du coefficient de transmission de l'atmosphère pour corriger leurs mesures de l'absorption atmosphérique. Cette méthode, légitime dans le cas où le coefficient propre à chaque soirée s'écarterait peu d'une valeur moyenne, doit entraîner des erreurs d'autant plus grandes que la transparence est susceptible de varier par ciel pur entre de plus larges limites.

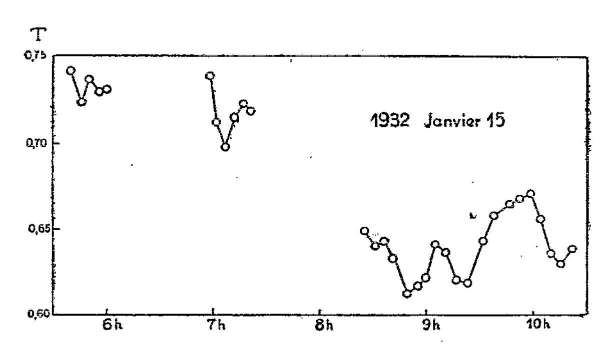
Des observations, conduites de manière à déterminer le coefficient de transmission propre à chaque soirée, peuvent seules garantir la sécurité des corrections d'absorption. Si deux observations, obtenues à des distances zénithales notablement différentes, suffisent en théorie pour déterminer la pente de la droite de Bouguer, pratiquement les observations doivent être faites d'une manière continue pour surveiller les variations possibles de la transmission. Dans la réduction des observations il est naturellement tenu compte de la variation de distance de notre satellite et de la variation de l'angle de phase qui, négligées, altéreraient la pente de la droite de Bouguer.

La statistique suivante concerne toutes les observations effectuées depuis octobre 1930 jusqu'en avril 1932 inclus, pour lesquelles la réduction est maintenant terminée. Durant cette période les observations ont été possibles à Strasbourg pendant 36 nuits et à Sanary (Var) pendant 63 nuits. L'absorption due à l'atmosphère terrestre a pu être déterminée seulement pour 48 pour 100 des nuits à Strasbourg et 75 pour 100 des nuits à Sanary. Le midi de la France présente donc un avantage certain pour les mesures photométriques. Cet avantage ressort encore plus nettement de l'examen du tableau suivant qui donne la répartition des valeurs trouvées dans chacune des stations. La première colonne fournit les valeurs de k, absorption évaluée en magnitude pour une observation zénithale, la seconde colonne les valeurs correspondantes de T, coefficient de transmission de l'atmosphère suivant la verticale, les troisième et quatrième colonnes le nombre de valeurs comprises dans chaque intervalle à Strasbourg et Sanary.

k.	T.	N (Strasbourg).	N (Sanary).
$0^m,30$ à $0^m,35$	0,76 à 0,725	2	4
0,35 à 0,40	0,725 à 0,69	3	22
0,40 à 0,45	0,69 à 0,66	0	11
0,45 à 0,50	0,66 à 0,63	6	6
0,50 à 0,55	0,63 à 0,60	3	3
0,55 à 0,60	0,60 à 0,575	3	1
$0^m,604$	0,57		1
$0^m,815$	0,47	1	

La conclusion s'impose : l'emploi de tableaux de correction d'absorption en fonction de la distance zénithale, admettant une valeur moyenne de l'absorption atmosphérique, peut entraîner des erreurs très supérieures à celles des mesures. En photométrie absolue l'usage de tels tableaux doit être proscrit.

Les observations mettent en évidence l'existence de fluctuations de la transparence atmosphérique à évolution lente. A cause d'elles certaines nuits de ciel paraissant pur sont inutilisables pour la détermination de l'éclairement donné par la Lune. Mais, en partant de la courbe expérimentale d'éclairement. on peut inversement calculer le coefficient de transmission T correspondant à chaque observation. Le graphique des variations de la transparence de la nuit du 15 janvier 1932 est donné à titre d'exemple. Pour montrer la précision avec laquelle on peut déterminer les valeurs individuelles de T, indiquons que le 26 janvier 1932 (période de beau temps stable) 19 observations conduisent à une valeur moyenne $T = 0,711$, avec $\mu = \pm 0,003$ pour l'erreur moyenne d'une observation.



En général les observations commencées lorsque le ciel devient pur après la disparition des nuages accusent une augmentation progressive de la transparence qui peut se poursuivre pendant deux heures (22 mars 1932). Inversement une diminution progressive de la transparence précède le plus souvent l'apparition des premiers nuages visibles.

Par ciel paraissant pur des fluctuations à évolution rapide peuvent être également observées. L'aiguille du microampèremètre ne se fixe pas, mais oscille d'une façon désordonnée. Ce phénomène, complètement indépendant de la masse d'air traversé, doit être attribué aux fumées qui sont plus abondantes au début de la nuit, précisément aux heures où les fluctuations sont constatées.

MAGNÉTISME. — *La perméabilité du vide et les théorèmes de M. Chipart.* Note de M. **J. Cayrel**, présentée par M. A. Cotton.

1. En vue de ramener le diamagnétisme au paramagnétisme, E. Becquerel (¹) avait émis l'hypothèse suivante :

Tous les corps sont *paramagnétiques*, mais ils sont plongés dans un *éther polarisable également paramagnétique* qui est répandu dans tout l'espace non occupé par la matière aimantée. Selon qu'ils sont plus ou moins paramagnétiques que l'éther, les corps nous apparaissent comme para ou comme diamagnétiques.

Si l'on considère le but que E. Becquerel cherchait à atteindre, son hypothèse ne présente plus qu'un intérêt historique, puisque l'irréductibilité du diamagnétisme ou paramagnétisme ne saurait de nos jours être mise en doute. Par contre, la question de l'existence d'un éther magnétique et celle de notre incertitude touchant la valeur de la perméabilité du vide conservent tout leur intérêt pour le physicien mathématicien.

2. Admettons l'existence d'un éther *polarisable* M_0, de perméabilité μ_0, *extérieur* aux aimants.

Je vais établir en premier lieu que, par des mesures de forces magnétiques effectuées successivement au sein de cet éther (notre vide) et au sein d'un fluide matériel incompressible M_1 de perméabilité μ_1, il est possible, contrairement aux idées reçues, de déterminer non seulement le rapport μ_1/μ_0, mais encore la perméabilité de l'éther μ_0.

Soient respectivement F_0 et f_0 les forces exercées au sein de l'éther M_0 sur une aiguille aimantée *a* par une sphère S aimantée uniformément et par une autre aiguille aimantée A. Je suppose rigides les aimantations de *a*, A, S, ce qui revient à dire que la perméabilité de ces trois aimants est égale à 1.

Soient F_1 et f_2 les valeurs correspondantes des forces exercées, toutes choses égales, au sein du fluide matériel M_1 on a :

$$\text{(1)} \qquad \frac{F_1}{F_0} = \frac{2\mu_0 + 1}{2\mu_1 + 1} = \frac{2 + \dfrac{1}{\mu_0}}{2\dfrac{\mu_1}{\mu_0} + \dfrac{1}{\mu_0}}$$

(¹) *Comptes rendus*, 16, 1843, p. 876; cf. *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, 28, 1850, p. 283.

et

$$\frac{f_1}{f_0} = \frac{\mu_0}{\mu_1}. \tag{2}$$

L'égalité (2) donne le rapport μ_0/μ_1. De l'égalité (1) on peut tirer la valeur de la *perméabilité de l'éther :*

$$\mu_0 = \frac{1 - \frac{F_1}{F_0}}{2\left(\frac{F_1}{F_0}\frac{f_0}{f_1} - 1\right)}. \tag{3}$$

3. Imaginons que l'expérience précédente, supposée réalisable, donne pour μ_0 une valeur différente de 1. Sommes-nous forcés de croire à l'existence d'un éther magnétique de perméabilité μ_0 répandu dans tout l'espace *extérieur* aux aimants?

Non, grâce à un beau théorème de M. H. Chipart sur les forces s'exerçant entre corps polarisés au sein d'un milieu polarisable, une autre interprétation nous est permise : nous pouvons nier l'existence de l'éther magnétique et supposer que les aimants a, S, A sont placés dans un milieu impolarisable ($\mu = 1$) à la condition :

1° De diviser par $\sqrt{\mu_0}$ les aimantations rigides des aimants permanents [1];

2° De diviser par μ_0 les perméabilités des aimants du système (les aimants rigides prendront des perméabilités égales à $1/\mu_0$ et le milieu M_1 une perméabilité μ_1/μ_0).

Remarquons qu'attribuer aux aimants rigides une perméabilité $\nu_0 = 1/\mu_0$ (avec $\mu_0 \neq 1$) revient à admettre dans ces aimants l'existence d'un éther *intérieur* de perméabilité ν_0, c'est-à-dire à *nier l'existence de véritables aimants rigides*. (En effet en chaque point d'un de ces aimants il faudra ajouter à l'aimantation permanente $J_p/\sqrt{\mu_0}$ une aimantation introduite $J_i = (\nu_0 - 1)/4\pi H$ qui dépend de la position de l'aimant considéré par rapport aux autres aimants du système.)

4. Supposons réalisée la mesure de μ_0 à partir de l'égalité (3). De deux choses l'une :

---

[1] Cette variante en $\sqrt{\mu_0}$ de la règle précitée est due à M. Chipart qui ne l'a pas encore publiée. Elle présente sur l'ancien énoncé l'avantage que μ_0 ne figure plus explicitement dans l'expression des forces.

Ou bien on trouvera $\mu_0 = 1$, et, en ce cas, *on pourra conclure à l'absence d'éther magnétique tout en affirmant l'existence d'aimants rigides;*

Ou bien on trouvera $\mu_0 \neq 1$, et, en ce cas, on se trouvera en face du dilemme suivant :

Ou bien on pourra conclure à l'existence d'aimants rigides plongés dans un éther magnétique extérieur *de perméabilité* μ_0;

Ou bien on pourra nier l'existence de cet éther à la condition d'admettre dans les aimants permanents l'existence d'un éther magnétique intérieur *de perméabilité* $\nu_0 = 1/\mu_0$, *ce qui revient à nier l'existence des aimants rigides.*

5. Le dilemme relatif au cas de $\mu_0 \neq 1$ est susceptible de l'énoncé plus général suivant : Soient α un nombre quelconque et μ_0 la perméabilité de l'éther donnée par l'égalité (3). On pourra, d'après la deuxième règle de M. Chipart, attribuer à l'éther la perméabilité μ_0/α à la condition de diviser par $\sqrt{\alpha}$ les aimantations rigides et de supposer l'espace occupé par les aimants permanents remplis par un éther intérieur de perméabilité $1/\alpha$.

En définitive l'expérience imaginée plus haut atteindrait non la perméabilité de l'éther magnétique extérieur aux aimants, mais seulement le rapport de cette perméabilité à celle des aimants permanents.

SPECTROSCOPIE. — *Excitation de jets atomiques par une décharge électromagnétique de haute fréquence.* Note de MM. **Armand Bogros** et **Félix Esclangon**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude de la structure hyperfine des raies spectrales n'est possible que si les causes d'élargissement des raies sont éliminées, ou du moins atténuées dans une proportion suffisante; de plus, on ne peut employer de spectroscopes à grand pouvoir de résolution que si la source étudiée possède un éclat suffisant. Les oscillations électromagnétiques de haute fréquence permettent d'exciter dans les gaz et les vapeurs l'émission de raies fines avec un éclat assez grand. Cependant, pour les éléments légers ou peu volatils, l'effet Doppler reste une cause d'élargissement notable; en outre, la méthode ne peut pas s'appliquer à des corps doués d'une grande activité chimique comme le lithium qui attaque tous les corps transparents aux températures où il est susceptible d'être excité. Or l'emploi de jets atomiques diminue considérablement l'effet Doppler dans une direction d'observation normale au jet, et on peut les produire avec des métaux réfractaires ou chimiquement très actifs. C'est pourquoi il nous a paru

intéressant d'essayer, en combinant deux techniques que nous avons utilisées séparément [1], de rendre lumineux des jets atomiques en les excitant au moyen d'oscillations électromagnétiques de haute fréquence.

L'appareil producteur de jets et le montage de haute fréquence ont été décrits ailleurs [2]. Les spires de self-plaque du circuit oscillant sont placées légèrement au-dessus du deuxième diaphragme définissant le jet. Si le vide est maintenu aussi bon qu'il est possible de le faire, le jet ne s'illumine pas. Il est nécessaire de produire des électrons dans l'espace où se propage le jet. Parmi les différentes sources d'électrons dont il est possible d'envisager l'emploi, l'une des plus simples consiste à introduire un gaz étranger à une pression assez basse pour que le jet reste bien défini. C'est cette méthode que nous avons expérimentée avec succès et qui nous a permis d'observer la luminescence de jets de sodium, de lithium et de cadmium. La pression du gaz étranger (argon ou azote) est réglée au moyen d'un jeu de capillaires à travers lesquels le gaz pénètre dans l'appareil. La pression optima est d'environ 2/1000e de millimètre de mercure. La décharge ne s'amorce que grâce à une ionisation préalable du gaz par une décharge entre électrodes réalisée à l'aide d'une bobine de Ruhmkorf. A cette pression de 2/1000e de millimètre le jet est bien défini, on le voit se détacher nettement avec sa couleur propre sur le fond lumineux du gaz. Si la pression du gaz augmente, le jet augmente d'éclat, mais il se déforme en même temps que ses contours s'estompent et que la luminosité se rétracte jusqu'à n'être plus visible qu'au voisinage du trou de sortie du jet.

L'examen spectroscopique de la lumière émise par le jet a révélé l'émission de tout le spectre d'arc du métal. Nous avons reconnu les raies du lithium : 6708 Å de la série principale, 6109, 4972 et 4602 des séries secondaires, et les raies du cadmium 6438, 5086, 4800, 4678, appartenant toutes à des séries secondaires. Nous avons pu photographier les raies 6708 du lithium et 6438 du cadmium ainsi émises, analysées par une lame de Lummer en verre de 20^{cm} de longueur, avec une pose de 5 minutes sur plaque Krypta (distance focale de l'objectif 427^{mm}). La finesse de la raie du lithium est comparable à celle de la raie d'absorption d'un jet semblable en l'absence de gaz étranger. La finesse des franges de la raie du cadmium paraît limitée seulement par le pouvoir séparateur de la lame.

---

(1) A. Bogros, *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 199, et F. Esclangon, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 266.

(2) A. Bogros, *loc. cit.*, et F. Esclangon, *loc. cit.*

Les premiers essais de cette méthode ont donné des résultats satisfaisants. Elle peut s'appliquer à des corps très variés; elle présente sur l'emploi de la résonance optique l'avantage de provoquer l'émission de tout le spectre d'arc. L'excitation de jets atomiques par des décharges de haute fréquence doit pouvoir rendre, semble-t-il, de grands services dans l'étude des structures hyperfines des raies spectrales.

POLARIMÉTRIE. — *Réalisation d'un polarimètre photo-électrique.* Note de MM. **G. Bruhat** et **P. Chatelain**, présentée par M. A. Cotton.

Les méthodes photographiques, qui ont été jusqu'ici les seules employées dans l'étude de la dispersion rotatoire ultraviolette des corps actifs, sont longues et pénibles : aussi divers auteurs ont-ils déjà essayé de les remplacer par des méthodes photo-électriques. C'est ainsi qu'Ebert et Kortüm ont décrit récemment (1) un appareil utilisable en lumière monochromatique; mais cet appareil a l'inconvénient d'exiger la mesure simultanée, ou tout au moins la compensation, de l'absorption, et d'introduire ainsi dans les mesures polarimétriques toutes les difficultés des mesures d'absorption.

Pour éviter ces difficultés, nous avons réalisé, suivant le principe des polarimètres à pénombre usuels, un appareil où les deux faisceaux à comparer ne sont séparés qu'après la traversée du tube polarimétrique. La grande sélectivité des cellules impose l'emploi d'un monochromateur double, c'est-à-dire l'interposition d'un nombre relativement grand de prismes et de lentilles et une limitation assez étroite de l'étendue du faisceau polarimétrique : on n'obtient jamais que des courants photo-électriques très faibles, et l'on est conduit à employer un angle de pénombre de 90° (2), que nous avons réalisé pour toutes les longueurs d'onde en prenant comme analyseur un prisme de Wollaston.

La source est un arc au mercure Gallois à grand éclat, le monochromateur est un monochromateur double à optique de quartz, et le faisceau polarimétrique est défini par deux diaphragmes de diamètres 7,5 et 10^{mm}, distants de 105^{cm}; nous obtenons, pour les raies les plus favorables, des courants photo-électriques de 10^{-9} à 4.10^{-9} ampère. Les pointés polarimétriques s'effectuent en comparant les courants photo-électriques produits par les deux faisceaux F_1, F_2 que fournit l'analyseur biréfringent P; une erreur relative de 1/800e dans cette comparaison correspond à une erreur d'une minute dans la mesure polarimétrique.

---

(1) L. Ebert et G. Kortüm, *Zeits. für Phys. Chem.*, 13 B, 1931, p. 105.

(2) G. Bruhat, *Traité de Polarimétrie*, p. 164 (Paris, 1931).

Les faisceaux F_1 et F_2 traversent un prisme de quartz P_1 de petit angle, qui ramène F_1 dans la direction de l'axe du polarimètre, puis une lentille qui donne deux images séparées du trou de sortie du monochromateur. Un diaphragme placé dans le plan de ces images permet d'isoler le faisceau axial, qui est seul reçu par la cellule; en remplaçant le prisme P_1 par un prisme P_2 d'angle opposé, on ramène F_2 dans la direction de l'axe, et on le substitue à F_1 sur la cellule. L'ensemble des prismes P, P_1 et P_2 est porté par un cercle divisé, et l'on cherche pour quel azimut α la substitution de P_2 à P_1 ne modifie pas le courant photo-électrique; cette détermination se fait très rapidement par interpolation, en mesurant les variations obtenues dans cette substitution pour deux azimuts α' et α'' qui encadrent α.

Nous mesurons les courants photo-électriques avec un amplificateur à courant continu du type classique, que nous avons monté au laboratoire avec deux lampes de modèle commercial, Philips A 442 et A 415; la résistance d'entrée est une résistance de $1,8.10^8$ ohms, la liaison entre les deux lampes est faite par deux piles de 4,5 volts et une résistance de 4 mégohms. Avec des tensions de chauffage de 2,2 volts pour la première lampe et 3 volts pour la seconde, et une tension de plaque de 80 volts pour la seconde lampe, les variations du courant de sortie sont environ 10^6 fois celles du courant photo-électrique. Pour les raies donnant un courant photo-électrique $j = 10^{-9}$ ampère, nous mesurons ces variations par un microampèremètre 0-250 μA muni d'un circuit de compensation; pour $j = 10^{-10}$, nous employons un galvanomètre balistique suivant la méthode de Tardy [1] : dans un cas comme dans l'autre, l'erreur relative $\Delta j/j$ est inférieure à 1/1000e; la stabilité de la lampe Gallois et celle de l'amplificateur sont suffisantes pour permettre d'atteindre cette précision sans difficulté.

Lorsqu'on répète plusieurs fois le même pointé, on retrouve chaque fois la même position à une ou deux minutes près; mais la fidélité est moins bonne si, entre deux pointés, on modifie les réglages géométriques, et surtout si l'on place dans le polarimètre un tube plein d'un liquide inactif. C'est que la précision du millième, qu'il est nécessaire d'atteindre dans la mesure des flux pour faire des pointés à une minute près, et que nous avons effectivement obtenue, n'a de signification que si l'on maintient constante avec cette précision l'identité de définition géométrique des deux faisceaux que l'on compare. Si notre polarimètre est certainement supérieur, à ce point de vue, aux appareils dans lesquels un seul des deux faisceaux traverse le tube polarimétrique, il n'est pas encore parfait, à cause du léger défaut d'achromatisme du système analyseur PP_1 ou PP_2. Nous indiquerons dans un autre Recueil le détail des précautions que nous avons prises pour réduire au minimum les erreurs d'ordre géométrique : nous sommes arrivés à obtenir, dans des séries de pointés s'étendant sur plusieurs semaines,

(1) L.-H. Tardy, *Revue d'Optique*, 7, 1928, p. 189.

avec modification des réglages et changement du tube polarimétrique, un écart moyen ne dépassant pas trois minutes.

Le polarimètre a été montré avec des lentilles quartz-fluorine et des prismes polariseurs collés à la glycérine. Avec une cellule Fotos SKGl au potassium, à enveloppe de verre, nous avons pu obtenir la sensibilité que nous venons d'indiquer pour les raies 5461, 4358, 4046 et 3660 A; avec une cellule Pressler au sodium, à enveloppe de quartz, nous avons pu avoir la même sensibilité pour les raies 4358, 4046, 3660, 3341, 3130, 3021 et 2963 A.

RADIATIONS. — *Fluorescence d'un jet d'atomes de zinc.* Note (¹) de M. **P. Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans une Note antérieure (²), j'ai exposé les résultats obtenus en excitant un jet d'atomes de cadmium à l'aide des radiations de résonance ($1^1S_0 - 2^3P_1$) et ($1^1S_0 - 2^3P_1$) dont les longueurs d'onde sont respectivement de 3261 Å et 2288 Å. Des expériences analogues ont été realisées sur un jet d'atomes de zinc avec les radiations correspondantes ($1^1S_0 - 2^3P_1$) $\gamma = 3076$ Å et ($1^1S_0 - 2^1P_1$) $\gamma = 2139$ Å.

Un arc dans le vide soufflé magnétiquement contre la paroi en silice fondue fournit les raies aussi peu renversées que possible. A l'intérieur d'un récipient à fenêtres de quartz, un petit four électrique muni d'un trou envoie dans un bon vide des atomes de zinc. Un diaphragme froid en délimite un faisceau vertical. Une fente horizontale placée contre l'arc produit avec une lentille de quartz un faisceau aplati horizontalement dans la région de l'image de la fente et l'on utilise cette région pour éclairer le jet atomique. Celui-ci est alors photographié par un appareil à lentille de quartz, la direction d'observation étant dans le plan d'aplatissement du faisceau éclairant. Des expériences préliminaires ont permis le réglage de la première lentille et celui de l'appareil photographique pour chacune des radiations considérées. Dans le cas des radiations 2139, les plaques ont été huilées pour augmenter leur sensibilité.

Les résultats sont les suivants :

Pour les radiations 2139, la trace du faisceau excitateur est très nette

---

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

(²) *Durée moyenne de vie de l'atome de cadmium dans les états excités* 2^3P_1 *et* 2^1P_1 (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 793).

dans le jet d'atomes. On doit donc penser que, comme avec le cadmium, la durée de vie à l'état excité 2^1P_1 est très courte, de l'ordre de 10^{-8} seconde.

Pour les radiations 3076, aucune trace de fluorescence.

Ce résultat, bien que différent de celui obtenu pour le cadmium, peut néanmoins s'expliquer :

1° La sensibilité au champ magnétique de la polarisation de la radiation 3076, émise par résonance, indique une durée de vie à l'état excité 2^3P_1 bien plus grande que pour le cadmium, au moins cinq fois plus grande [1]. L'étalement de la lumière de fluorescence dans le sens de la vitesse des atomes du jet doit donc être au moins cinq fois plus grande, d'où affaiblissement correspondant du noircissement de la plaque photographique.

2° Si l'on compare toujours les expériences sur le cadmium et le zinc, les atomes restent exposés à la lumière excitatrice un temps à peu près égal, mais la probabilité de passage d'un état à l'autre étant beaucoup plus faible dans le cas du zinc que dans celui du cadmium, le nombre d'atomes excités est beaucoup faible dans le premier cas.

3° Il est aussi possible que la région d'absorption, qui, dans le jet, n'est pas modifiée par effet Doppler, soit plus étroite dans le cas du zinc.

A titre de contrôle la fluorescence a été produite dans de la vapeur non dirigée contenue dans un récipient de quartz. Alors que pour les radiations 2139 la trace de faisceau est très nette, pour les radiations 3076, elle ne l'est pas et la luminosité s'étend à quelques millimètres de distance. On peut imaginer que dans ce cas la résonance a lieu avec les atomes dont la direction de vitesse n'est pas très éloignée de la direction horizontale pour lesquels les deux premières raisons d'affaiblissement de la résonance ne s'appliquent pas et plus particulièrement avec les atomes qui se déplacent dans la direction de faisceau excitateur pour lesquels la troisième raison aussi ne peut s'appliquer.

En résumé, des expériences réalisées on peut tirer les conclusions suivantes :

État 2^1P_1. La preuve est faite que, comme le faisait supposer l'analogie avec le cadmium, cet état est très instable, d'une durée de vie $\leq 10^{-7}$ seconde.

État 2^3P_1. Aucune indication contraire à une durée de vie $\geq 10^{-5}$ comme le veut l'étude de la polarisation.

---

(1) *Polarisation des radiations de résonance du zinc* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 723).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur l'absorption partielle dans la région des rayons X mous*. Note de MM. **F. C. Chalklin** et **L. P. Chalklin**, présentée par M. M. de Broglie.

Ray (1) a mesuré avec K_α(Cu), K_α(Ni) etc. des raies diffusées avec un abaissement de fréquence correspondant à un terme spectral de l'absorbant.

Des lignes semblables à celles obtenues par Ray ont été trouvées par Majumdar (2), qui a employé comme radiations monochromatiques K_α Ni, K_α et K_β Fe, les absorbants étant le carbone, l'azote et l'aluminium. De plus Bharghava et Mukerjie (3), en faisant passer K_α Cu à travers la paraffine, ont obtenu une ligne diffusée dont la fréquence est plus petite que celle de la radiation incidente avec $\Delta\nu = R$. On a attribué cet effet à une absorption partielle des quanta incidents par des atomes d'hydrogène, d'où un électron K serait complètement expulsé. Ces savants, en faisant passer la radiation K_α de l'argent à travers une feuille de nickel, ont aussi observé une bande avec une discontinuité brusque du côté des ondes courtes. La différence d'énergie entre K_α de l'argent et la discontinuité brusque se trouve égale à l'énergie de la discontinuité K d'absorption du nickel.

Au contraire, Lindsay (4) Alichanow et Arzimowic (5), tout comme Thibaud et Cork, n'ont pu obtenir aucune ligne déplacée.

Toutes ces expériences contradictoires se sont faites avec des longueurs d'onde voisines de 1 Å. Nous avons estimé utile de rechercher des lignes modifiées dans la région des rayons X mous, au moyen d'une technique très différente de celles des savants cités.

En nous servant d'un spectrographe à vide, avec un réseau sous incidence tangentielle, nous avons examiné le spectre de rayons X mous de plusieurs éléments. Sur la plupart des plaques on apercevait la ligne K_α du carbone. Le carbone se dépose sur l'anticathode par décomposition des vapeurs de carbures d'hydrogène qui se dégagent des rodages et des

(1) *Nature*, 125, 1930, p. 746, et *Zeits. für Phys.*, 66, 1930, p. 261.
(2) *Nature*, 127, 1931, p. 92.
(3) *Nature*, 126, 1930, p. 399, et 127, 1931, p. 272, 305.
(4) *Nature*, 127, 1931, p. 305.
(5) *Zeits. für Phys.*, 69, 1931, p. 853.

parois du spectrographe. Nous trouvons sur les plaques où la raie K_α du carbone est la plus intense une ligne très diffuse du côté des grandes longueurs d'onde. Cette ligne apparaît également lorsque l'anticathode est constituée de platine, de palladium ou de cuivre. L'inspection visuelle de nombreuses plaques révèle que l'intensité de cette ligne croît avec celle de K_α carbone, et de plus qu'elle se montre nettement sur une plaque où il n'y a presque pas d'autre radiation que celle du carbone. On peut en conclure que l'effet se rattache au carbone. Le caractère diffus de la ligne indique qu'il ne s'agit pas d'une raie ordinaire, car ce caractère diffus n'est observé qu'avec les raies K_α des éléments légers, et la longueur d'onde de la raie démontre qu'elle ne peut avoir cette origine.

Nous avons parfois observé l'effet sur deux ordres. La raie a été aussi observée avec deux réseaux réglés par la machine Siegbahn, dont l'un posséde 600 traits par millimètre et l'autre 300. Elle a été obtenue sous des angles d'incidence différents et il est clair que l'effet ne provient pas d'une illusion due à notre dispositif

La longueur d'onde est 51 Å, et correspond à 242 électronvolts; ce qui est inférieur de 35 volts au voltage de la ligne K_α de carbone (transition $L \rightarrow K$). Il est évident que cette raie ne peut pas avoir son origine dans une transition ordinaire de l'atome de carbone, et qu'il faut en chercher l'explication dans un processus secondaire. Par la méthode photo-électrique, on a trouvé comme potentiel d'ionisation du niveau L, 35 à 40 volts, et par les spectres d'étincelle de Millikan une valeur un peu supérieure à 34,2 volts. Nous arrivons donc à la conclusion que notre ligne diffusée est due à l'expulsion d'un électron du niveau L par un quantum de radiation K_α, avec perte d'une partie de son énergie. Si l'on admet $h\nu_{\text{(ligne modifiée)}} = h\nu_{(K\alpha)} - W_{(L \rightarrow \infty)}$, on trouve 240 volts comme énergie de la raie, ce qui est en bon accord avec la valeur observée (242 volts).

La preuve qu'il se produit une véritable absorption par le carbone dans notre appareil est donnée par le fait que nous obtenons des discontinuités K d'absorption. La longueur d'onde que nous obtenons s'accorde bien avec la détermination primitive de Thibaud (1) (284 volts). Il est probable que cette discontinuité est le résultat d'un processus où un électron K passe au premier niveau vide qui se trouve à l'extérieur des niveaux L occupés. Ceci porte à supposer que ce pourrait être le passage d'un électron d'un

(1) *Nature*, 121, 1928, p, 321.

niveau L occupé jusqu'au niveau vide le plus proche, qui donnerait naissance à notre ligne.

Il faut cependant noter que dans le cas de la discontinuité d'absorption la radiation incidente forme un spectre continu, tandis que la radiation excitatrice de notre ligne modifiée est monochromatique. Toutefois, un effet dû à un transport de cette espèce est admissible, et de cette façon on expliquerait aisément l'élargissement observé de la ligne K_α du carbone, dans le sens des grandes longueurs d'onde, tel que l'a observé Prins (¹) ainsi que nous-mêmes. Sur nos plaques, on aperçoit un noircissement à partir de la raie K_α du carbone jusqu'à la ligne diffusée.

Nous avons aussi à signaler la découverte d'une nouvelle discontinuité d'absorption à 39,7 Å, ou 311 volts. Nous croyons qu'elle résulte de l'extraction complète d'un électron K de l'atome de carbone, et qu'elle donne une mesure du vrai niveau L. De la relation approchée

$$(K \rightarrow \infty) = (K \rightarrow L) + (L \rightarrow \infty),$$

nous concluons que le potentiel d'excitation $(L \rightarrow \infty)$ est égal à $311 - 277 = 34$ volts, valeur qui s'accorde bien avec les résultats déjà cités.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique du chlorure céreux en solution aqueuse; variation thermique.* Note de Mlle **J. Pernet**, transmise par M. Pierre Weiss.

Une publication récente de M. P. K. Pillai (²), du laboratoire de Sir C. V. Raman, se rapporte, dans l'une de ses parties, à des Notes antérieures (³) relatives au pouvoir rotatoire magnétique de solutions paramagnétiques de nitrate de cérium. Il résulte bien des nombres publiés par M. Pillai que, dans le cas du nitrate de cérium, la loi d'additivité des pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques est applicable, avec une très bonne approximation, comme cela avait été annoncé. De mon côté, j'ai abordé notamment l'étude des solutions aqueuses, non acidulées, de chlorure céreux $CeCl^3 7H^2O$, corps négatif. J'en indique les premiers résultats, en

(¹) *Zeits. für Phys.*, 69, 1931, p. 618.
(²) *Indian Journal of Physics*, 7, J., 1er avril 1932, p. 9.
(³) H. Ollivier, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1001; 191, 1930, p. 130.

conservant les notations d'une publication récente [1]. Les valeurs du titre τ sont données d'après les résultats des dosages de l'anion; d'' a été trouvé fort grand et rapidement variable avec la température pour les solutions diluées, bien plus petit et beaucoup moins variable pour les solutions concentrées. Exemples :

$\tau = 0{,}0629_6$; $d'' = 16{,}73$ à $0°$ et à $81°{,}7$; $d'' = 12{,}17$ (min) à $36°$;
$\tau = 0{,}1960$; $d'' = 11{,}46$ à $0°$; $10{,}8$ à $6°{,}2$ et à $80°$; $9{,}51$ (min) à $40°$;
$\tau = 0{,}4576_6$; $d'' = 7{,}26$ à $0°$; $7{,}04$ à $11°$ et à $80°$; $6{,}84$ (min) à $41°$.

Les mesures de rotations magnétiques ont été effectuées pour la lumière verte du mercure : d'une part au moyen d'une forte bobine, le tube, de 40^{cm}, de longueur étant entouré d'air sec; d'autre part au moyen d'un électro-aimant Weiss, la cuve, de 25^{mm} de longueur, étant entourée d'azote sec. Les rotations simples données par l'eau étaient, dans les deux cas, voisines de $600'$, celles que donnaient les solutions ont varié de $+400'$ à $-1620'$. La température a varié de $2°$ à $50°$ ou à $99°$, suivant les solutions.

Soit f l'inverse de la grandeur G (*loc. cit.*, p. 2302) qui est égale au pouvoir rotatoire magnétique spécifique du sel anhydre dissous quand la loi d'additivité de Verdet est applicable. J'ai considéré deux sortes de courbes :

1° La température reste constante; le point d'abscisse τ et d'ordonnée $[(\theta e):(\rho d)]-1$ décrit une courbe V; si la loi d'additivité est applicable, V est une droite de coefficient angulaire m; la constante de Verdet spécifique du sel dissous est le produit de celle de l'eau par $(m+1)$. On sait que, dans de nombreux cas, τ croissant de plus en plus, V ne reste pas rectiligne. C'est ce qui se produit pour le chlorure de cérium aux fortes concentrations.

2° Le titre restant constant, la température absolue T varie; le point d'abscisse T et d'ordonnée $|f|$ décrit une courbe W. Dans le cas présent, pour les intervalles explorés, les segments étudiés des courbes W pour les solutions restées bien limpides sont rectilignes; les écarts relatifs sont d'un petit nombre de millièmes. On a donc :

$$G(T-\Theta) = \text{const.}; \quad \text{ou} \quad |f| = k(T-\Theta).$$

Cette équation a la même forme que *l'équation de Weiss* qui régit la plupart des phénomènes paramagnétiques; Θ (positif ou négatif) joue le rôle du point de Curie; k est la pente de la droite W.

Résultats. — Pour les solutions peu concentrées, positives, Θ et k ne

(1) H. Ollivier, Mlle J. Pernet, J. Lesne, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2301.

varient que très peu en fonction de τ; on a sensiblement $\Theta = +48°$ et $k = 0,0635$.

Pour $\tau = 0,196$ la rotation de la solution est nulle à $22°,6$. Les solutions plus concentrées donnent des rotations négatives; τ croissant, Θ et k diminuent, d'abord lentement, puis plus vite.

Pour les solutions de titre voisin de $0,375$, $\Theta = 0$ et la loi suivie, $GT = \text{const.}$, est analogue à la *loi de Curie* (1).

Pour les solutions plus concentrées, Θ devient négatif ($-25°$ pour $\tau = 0,42$; $k = 0,030$) et s'abaisse ensuite rapidement.

Il est arrivé, au cours de longues séries de mesures, que les points relatifs aux températures décroissantes ne se retrouvaient plus sur la droite relative aux températures croissantes; Θ avait augmenté d'environ 30°; la valeur absolue de G s'était accrue. Un très fin précipité, n'empêchant pas les mesures, était en suspension dans le liquide. Un précipité provoqué par une trace d'ammoniaque est d'ailleurs sans action notable.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réponse d'une cellule photo-électrique à remplissage gazeux à un éclairement brusque.* Note de M. **P. Fourmarier**, présentée par M. Paul Janet.

La manière dont une cellule photo-électrique à gaz répond à une illumination brusque constitue le phénomène fondamental du traînage. J'ai effectué quelques expériences pour étudier le diagramme du courant en fonction du temps dans une cellule brusquement éclairée. Le schéma du dispositif d'essais est indiqué à la figure 1. L'image d'une fente radiale dans le disque tournant D balaye l'écran E cachant la cellule C et percé d'une fente F. La pleine lumière était ainsi établie sur la cellule en environ 10 microsecondes. Le courant de la cellule était amplifié et observé à l'oscillographe cathodique.

Les essais ont porté sur des cellules à cathode en potassium, potassium sensibilisé et cæsium avec remplissage en néon, argon et hélium; ils ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Le diagramme du courant dans la cellule en fonction du temps présente l'allure de la figure 2. Le temps OA correspond à l'établissement du

(1) L'ensemble de ces résultats est en accord avec les faits découverts par M. J. Becquerel dans le cas des cristaux renfermant des terres rares.

flux lumineux sur la cellule; AC, illumination constante; CD, temps d'extinction. On distingue deux composantes du courant total : i_1 s'établit instantanément; i_2 s'établit beaucoup plus lentement. La lenteur d'établissement de i_2 est la cause du traînage.

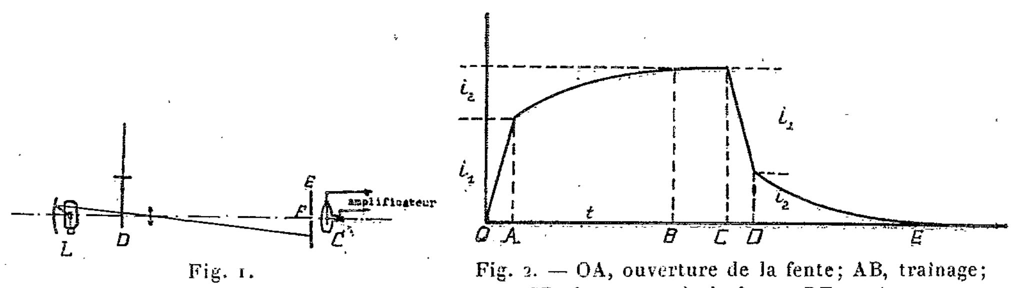


Fig. 1.

Fig. 2. — OA, ouverture de la fente; AB, traînage; CD, fermeture de la fente; DE, traînage.

2° Ces phénomènes semblent indépendants de la nature de la cathode.

3° Dans les cellules à remplissage d'argon ou de néon à basse pression (quelques dixièmes de millimètre de mercure), i_2 est négligeable par rapport à i_1 pour les tensions appliquées telles que l'amplification due au gaz ne dépasse pas 4 à 5. Pour les tensions supérieures, le rapport i_2/i_1 augmente avec la tension ainsi que le temps t de traînage qui passe de quelques microsecondes à quelques millisecondes. Ces deux causes coopèrent simultanément à la diminution de la sensibilité de la cellule aux fréquences élevées.

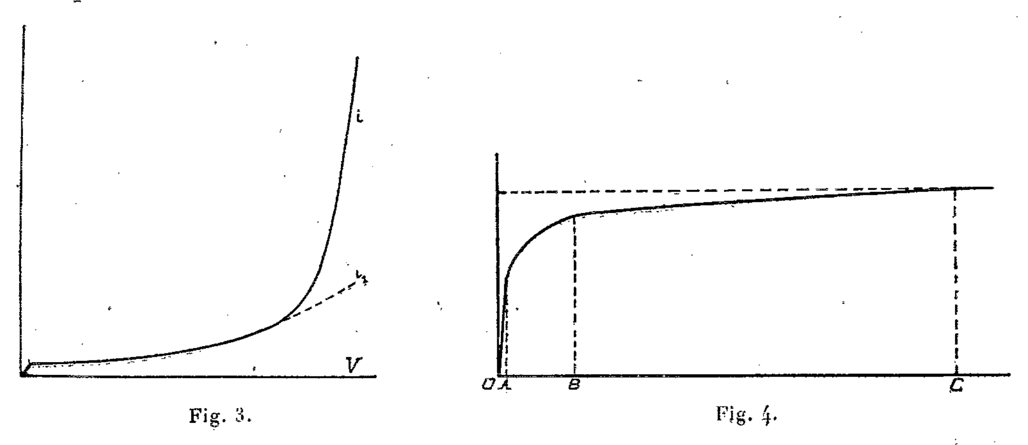


Fig. 3.

Fig. 4.

4° On sait que la courbe du courant en fonction de la tension aux bornes dans une cellule soumise à une illumination constante s'élève à peu près exponentiellement aux tensions faibles, présente ensuite un coude plus ou

moins marqué et s'élève enfin très rapidement. Le diagramme de la composante i_1 non soumise au traînage correspond au prolongement régulier de la partie inférieure de la courbe (*fig*. 3).

5° Dans les cellules à électrodes planes à champ sensiblement uniforme, nous avons pu vérifier que cette courbe de la composante i_1 se confond très approximativement avec la courbe $e^{\alpha d}$ de Townsend de l'ionisation par les électrons primaires. Cette remarque semble confirmer l'hypothèse que nous avions émise que la composante instantanée serait due à l'ionisation par les électrons primaires; la seconde composante i_2, cause du traînage, étant due à l'ionisation par les ions positifs des molécules du gaz ou au dégagement d'électrons secondaires de la cathode.

6° Dans le cas de cellules à remplissage d'argon, la courbe semble, en outre, plus complexe et présente l'allure de la figure 4. Il semble difficile d'attribuer la partie BC au même phénomène que la partie AB, étant donné le traînage considérable de BC (de l'ordre de 500 à 1000 microsecondes et plus), alors que le traînage AB ne correspond qu'à moins de 100 microsecondes; en outre, le traînage BC n'apparaît qu'à des tensions nettement supérieures à celles où apparaît le traînage AB.

7° L'utilisation entre l'anode et la cathode d'une grille à un potentiel intermédiaire ne diminue pas le traînage de façon appréciable, au moins lorsque la grille est à mailles peu serrées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Au sujet de l'inertie chimique.*

Note (¹) de MM. **Lemarchands** et **Jacob**, transmise par M. Le Chatelier.

Il a été signalé déjà (²) que le phénomène d'adsorption des gaz à la surface des corps solides permettait d'expliquer les différents cas connus d'inertie chimique ainsi que la catalyse hétérogène. L'étude thermodynamique de ce phénomène permet aussi de prévoir avec une assez grande précision les températures où cesse l'inertie chimique entre un corps solide et un gaz actif mis en présence à l'état sec.

On a admis en effet que l'extrême condensation du gaz actif à la surface du solide permet une réaction instantanée dont le produit, s'il n'est pas volatil, demeure à l'état de film sur la surface de séparation et interdit

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

(²) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 49.

Métal.	Température d'ébullition du métal.	Température d'ébullition du chlorure.	Température de la réaction calculée.	Déterminations expérimentales.
	°K.	°K.	°C.	
Aluminium.	2073	455,7	— 20	N'agit sur le chlore liquide qu'au-dessus de —20°C. (1).
Potassium..	1031	1689	195	Le chlore sec n'agit pas sur le métal fondu (2).
Sodium.....	1155	1686	252	Le chlore sec n'agit pas sur le métal fondu (3).
Calcium....	1477	1873	457	La réaction commence à 460° ±5 (4).
Magnésium.	1343	1685	337	La réaction commence à 340° ±5 (4).
Étain......	2533	387	22	La réaction commence à 25°±5(4).
Mercure....	629,7	577	—178	Agit sur le chlore entièrement sec (2).
Fer........	3498	588	277	La réaction commence à 280° ±5 (4).
Arsenic....	877	395	—180	Agit avec violence sur le chlore à —90°C. (5).
Antimoine..	1600	493	— 61	N'agit pas sur le chlore à —90° (6).
Bismuth....	1177	720	— 45	Faible réaction avec le chlore liquide (7).
Phosphore..	553	435	—208	S'enflamme dans le chlore avec explosion à —90°C. (6).
Soufre.....	717	411	—209	Réaction vive avec le chlore à —90°C. (6).
Zinc.......	1179	1003	44	Le chlore sec n'agit pas sur le zinc (8).
Plomb.....	1991	1227	382	Ne s'enflamme pas dans le chlore gazeux (9).

(1) Gautier et Charpy, *Comptes rendus*, **113**, 1891, p. 597.
(2) Cowper, *J. Chim. Soc.*, **43**, 1883, p. 153.
(3) Wanklyn, *Chem. N.*, **20**, 1869, p. 271; Cowper, *loc. cit.*
(4) D'après nos propres déterminations.
(5) *Comptes rendus*, **20**, 1845, p. 817.
(6) *Comptes rendus*, **20**, 1845, p. 298.
(7) Beckmann, *Z. anorg. Ch.*, **51**, 1906, p. 99.
(8) Th. Andrews, *Pogg. Ann.*, **59**, 1843, p. 429; Cowper (*loc. cit.*).
(9) B. Bottger, *Pogg. Ann.*, **43**, 1828, p. 655.

à la réaction de se poursuivre (sauf d'une façon lente et périodique par diffusion du gaz à travers le film si cette diffusion peut avoir lieu).

En adoptant cette manière de voir il est facile d'imaginer l'influence d'une élévation de température sur l'évolution du phénomène : cette élévation de température, en effet, augmente les tensions de vapeur du solide réagissant et du produit de la réaction qui forme film. En première approximation (car la nature de la surface intervient aussi) on peut donc admettre que la facilité avec laquelle la réaction se déclenchera lorsqu'on fera croître la température sera d'autant plus grande que les températures d'ébullition, sous la pression normale, du corps solide et du produit formé, seront plus basses. Et, en mesurant cette facilité de combinaison par la température à laquelle la réaction se déclenche, on voit que cette température sera d'autant plus élevée que les deux températures d'ébullition considérées ci-dessus seront plus hautes.

Nous avons recherché ces températures de réaction dans le cas d'action du chlore sur les métaux; nous éliminions ainsi l'influence de la surface puisque toutes celles des métaux sont sensiblement équivalentes.

La règle précédente trouve dans ce cas particulier une vérification remarquable puisque cette température de réaction est directement proportionnelle dans les divers cas envisagés au produit des températures d'ébullition sous la pression normale du métal et du chlorure formé.

Les travaux antérieurs sur l'affinité du chlore pour les métaux nous ont montré d'autre part que nos prévisions n'étaient en aucun cas en désaccord avec les résultats déjà trouvés : le tableau (p. 181) indique pour un assez grand nombre de métaux les températures de réaction que nous avons calculées (à partir de l'hypothèse précédente et des résultats expérimentaux de Gautier et Charpy dans l'action du Cl sur Al) ainsi que les déterminations expérimentales déjà faites par d'autres auteurs ou que nous avons effectuées.

La bonne concordance de ces diverses mesures et de nos calculs nous a paru décisive et justifie l'explication précédemment proposée des phénomènes de catalyse hétérogène et d'inertie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la structure des films de nitrocellulose.* Note [1] de MM. **Desmaroux** et **Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Si l'on compare les résultats que nous avons signalés dans nos deux dernières Notes [2] et ceux publiés par J. J. Trillat [3], il semble qu'il y ait un désaccord entre les deux séries d'observations. (Ces observations sont les unes et les autres relatives à des nitrocelluloses de taux d'azote voisins de 13 pour 100.) M. Trillat, en effet, dans les conditions où il a opéré, arrive à un film dont la structure révélée par le diagramme de rayons X est toujours très semblable, sinon identique à celle du coton initial. Au contraire, nous avons observé une grande différence entre les diagrammes du coton nitré et ceux des films correspondants. Nous avons même pu nous servir de ces différences pour suivre l'état de dispersion de la nitrocellulose en solution.

Nous avons cherché quelle pouvait être l'origine des différences entre les diagrammes obtenus par M. Trillat et les nôtres. Nous avons, d'une part, refait des films à la température ordinaire ainsi que nous les avons toujours fait jusqu'ici, à partir de coton nitré à 13,3 pour 100 d'azote. Nos solutions étaient à 5 pour 100 et à 30 pour 100 (coton non passé à l'autoclave); d'autre part, nous avons évaporé des fractions de ces deux solutions à l'étuve à 70° pendant 5 jours (ainsi que l'a fait M. Trillat).

La structure des films est toute différente selon la température d'évaporation. On observe sur les films séchés à 70° *une cristallinité presque égale à celle du coton nitré initial.* En particulier, le cercle de diffraction de petit diamètre, caractéristique dans les cotons nitrés, des distances latérales entre chaînes de glucoses, *réapparaît net et intense dans les diagrammes des films séchés à 70°.*

On peut, de plus, observer que l'influence de la concentration sur la définition des cercles de diffraction se fait toujours sentir, que le film soit évaporé à la température ordinaire ou à 70°. *Le diagramme le plus net est obtenu avec le film fait à partir de la concentration la plus forte.*

Ainsi se trouvent expliquées les différences entre les diagrammes de

---

(1) Séance du 25 juillet 1932.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2053, et **195**, 1932, p. 242.

(3) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1922.

M. Trillat et les nôtres. On peut, en effet, penser que la température de séchage plus élevée facilite la tendance qu'ont les chaînes de glucoses à se disposer régulièrement pour former des cristallites. On aurait affaire à une sorte de recuit. Nous l'avons déjà observé dans le cas de films faits à partir de solutions acétoniques de nitrocellulose et de benzophénone ou de méthylnaphtylcétone (¹).

Il est cependant difficile d'affirmer avec les seuls résultats de l'examen de la structure par les rayons X que l'on ait affaire à un recuit analogue à celui qui se fait dans les métaux. Il faudrait, à une température donnée, tracer les courbes représentant le départ du solvant en fonction du temps et *suivre le long d'une telle courbe*, par le diagramme de rayons X, l'évolution de la structure de la matière cellulosée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption sélective par le gel de silice dans les solutions ammoniacales des métaux lourds.* Note de M. **Berthon**, présentée par M. Matignon.

Smith et Reyerson (²) et Testoni (³) ont signalé le grand pouvoir adsorbant du gel de silice pour les ions métalliques lourds en solution ammoniacale, sans toutefois donner le mécanisme du phénomène. Ces expériences ne sont, en fait, que des cas particuliers de l'adsorption sélective des hydroxydes par le gel de silice, traitée dans une précédente Note (⁴), comme le montrent les résultats suivants.

Dans chaque expérience, on agitait $2^{g},5$ de gel Patrick avec 25^{cm^3} de solution, et les analyses étaient faites sur deux prises de 10^{cm^3} du liquide filtré après adsorption.

	Millimolécules dans 10^{cm^3} de solution.				Millimols ads. par gramme de gel.		Rapports NH^3/Cu^{++}.	
Nos.	NH^3 total avant.	NH^3 total après.	Cu^{++} avant.	Cu^{++} après.	NH^3.	Cu^{++}.	initial.	dans le gel.
1.....	8,986	5,826	2,210	0,636	3,160	2,574	4,06	2,008
2.....	14,468	10,980	3,594	1,880	3,488	1,714	4,00	2,035
3.....	21,320	17,480	5,714	3,792	3,840	1,922	3,73	1,998
4.....	40,526	36,488	12,436	10,424	4,038	2,012	3,26	2,008

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 786.
(²) Smith et Reyerson, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2584.
(³) Testoni, *Ann. Chim. Applicata*, 16, 1926, p. 45.
(⁴) R. Berthon, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 43.

Les résultats expérimentaux dans le cas du sulfate de cuivre ammoniacal sont donnés dans le tableau précédent.

Les chiffres de la dernière colonne montrent, aux erreurs d'expériences près, que le rapport NH^3/Cu^{++} dans l'adsorbant est égal à 2, et qu'il y a eu par conséquent adsorption d'un ion complexe $[Cu(NH_3)^2]^{++}$ (1). L'adsorption des ions SO_4^{--} est toujours très faible, dans le premier cas par exemple, elle est 2 pour 100 de celle des ions Cu^{++}. Il y a donc eu pour 98 pour 100, adsorption d'un hydrate complexe $[Cu(NH_3)^2](OH^2)$ (2) et pour 2 pour 100, adsorption d'un sel complexe, vraisemblablement

$$[Cu(NH_3)^2]SO^4.$$

L'explication est probablement la suivante : on peut considérer qu'on a, en solution ammoniacale, l'équilibre

$$\text{(I)} \qquad [Cu(NH_3)^4]^{++} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)^2]^{++} + 2NH^3,$$

démontré par Dawson et Mc Crae (3) et Mlle de Wijs (4); il explique la possibilité de dissoudre totalement l'hydrate de cuivre, en solution concentrée, avant d'atteindre le rapport $NH^3/Cu^{++} = 4$ (exp. 3 et 4). Une partie de l'ammoniac ainsi libéré s'hydrate et l'on a, comme dans le cas $ClNa + NH^4OH$, précédemment traité (5), déplacement de l'équilibre :

$$\text{(II)} \qquad [Cu(NH_3)^2]SO^4 + 2NH^4OH \rightleftharpoons [Cu(NH_3)^2](OH)^2 + SO^4(NH_4)^2$$

par adsorption sélective de la base $[Cu(NH_3)^2](OH)^2$.

Le cas des solutions de sulfate de zinc ammoniacal est tout à fait analogue.

Le cas du cadmium est un peu plus compliqué. Par suite de la plus faible stabilité du complexe $[Cd(NH_3)^4]SO^4$, la redissolution complète de l'hydrate nécessite un excès d'ammoniaque qui intervient pour son propre compte dans l'adsorption. On peut cependant démontrer l'adsorption d'une base ammoniacale complexe $[Cd(NH_3)^2](OH)^2$. D'après l'équation (II), on voit que pour toute molécule de base complexe adsorbée, il y a formation d'une molécule de sulfate d'ammoniaque. La quantité de sulfate

(1) L'adsorption de cet ion a été signalée dans le cas du charbon actif par Schilow et Nekrassow (*Z. physik. Chem.*, 118, 1925, p. 79).

(2) L'adsorption de cette base complexe a été signalée dans le cas de l'amidon par Rakowsky : *Ueber die Adsorption*, *Diss. Moskau*, 1913. Cité par Schilow et Nekrassow.

(3) DAWSON et MC CRAE, *J. Chem. Soc.*, 77, 1900, p. 1239; 79, 1901, p. 496.

(4) Mlle DE WIJS, *Recueil Trav. Chim. Pays-Bas*, 44, 1925, p. 663.

(5) R. BERTHON, *loc. cit.*

d'ammoniaque formé par adsorption peut être déterminée par la différence entre l'ammoniaque totale (distillation sur MgO) et l'ammoniaque libre ou complexe (dosage acidimétrique au méthyl rouge). Nous avons trouvé, dans une expérience, formation de 1,575 millimolécule de $SO^4(NH_4)^2$, adsorption de 0,053 millimolécule, de SO_4^{--}, ce qui permet de calculer l'adsorption des ions Cd^{++}, soit 1,628, alors que la mesure directe nous a donné 1,639. Le bon accord entre ces deux chiffres nous prouve que le cas du cadmium est tout à fait analogue à celui du cuivre ou du zinc.

Dans le cas du nickel, on a peu de renseignements sur la formule du complexe. La redissolution complète de l'hydrate de nickel nécessite un rapport NH^3/Ni^{++} voisin de 7. L'adsorption dans une telle solution donne un rapport NH^3/Ni^{++} dans l'adsorbant voisin de 4,2. Par analogie avec les résultats précédents, on peut penser que la solution renferme un complexe à 6 NH^3 qui donne lieu à l'adsorption d'une base complexe à 4 NH^3, à côté d'un excès d'ammoniaque qui s'adsorbe pour son propre compte. A partir de la quantité de sulfate d'ammoniaque formé par adsorption, et de la quantité d'ions SO^{4--} adsorbés, nous avons pu calculer une adsorption de 0,617 millimolécule de Ni^{++}, tandis que la mesure directe nous a donné 0,607. La solution de sulfate de nickel contient donc, très probablement, le sel $[Ni(NH^3)^6]\,SO^4$ plus ou moins dissocié. Cette conclusion est en accord avec les travaux de Mlle de Wijs, qui indique que la teneur maxima de l'ion complexe en ammoniac est 6.

Ces résultats montrent la généralité des phénomènes de déplacement d'équilibre par adsorption sélective d'hydroxydes au moyen du gel de silice, et confirment l'existence de complexes ammoniacaux correspondant aux indices de coordination : 2 pour Cu, Zn, Cd, et 4 pour Ni [1].

MÉTALLURGIE. — *Contribution à l'étude des fontes à basse teneur en carbone.* Note [2] de MM. **Georges Delbart** et **Edgar Lecœuvre**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Les fontes grises perlitiques, dont la teneur en carbone est inférieure à 2,80 pour 100, sont généralement fondues à des températures beaucoup plus hautes que les fontes ordinaires qui titrent 3 à 4 pour 100 de carbone

(1) Cf. par exemple Bouzat, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, **29**, 1903, p. 350; Kane, *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, **72**, 1839, p. 304; Croft, *Phil. Mag.*, **21**, 1842, p. 355.

(2) Séance du 25 juillet 1932.

total; elles représentent des qualités mécaniques élevées, mais leurs propriétés de fonderie sont faibles.

Nous avons entrepris l'étude d'une série de fontes réalisées au cubilot et dont le carbone total variait entre 1,7 et 2,5 pour 100, en particulier des fontes à teneur élevée en silicium et manganèse, avec parfois de légères additions de phosphore et de chrome. La présence du silicium, du manganèse et du phosphore avaient pour but :

1° d'augmenter la coulabilité; 2° de contre-balancer l'action du silicium par le manganèse, c'est-à-dire d'élever la température de graphilisation et d'abaisser la vitesse de décomposition de la cémentite; 3° de conserver une grande homogénéité structurale et des propriétés mécaniques élevées; 4° d'augmenter la faculté de trempe martensitique.

Les fontes à 2,9-3,4 de carbone total et 2-3 de silicium, après chauffage à 925° et refroidissement à l'air calme, présentent au dilatomètre Chevenard un dédoublement du point Ar, lorsque la teneur en maganèse dépasse 1,5 pour 100. Pour plus de 2 pour 100, le point Ar″, apparaît seul nettement vers 150-200° et la fonte est martensitique. Mais les échantillons à forte teneur en carbone possèdent généralement des qualités mécaniques médiocres, une structure grossière et une grande hétérogénéité structurale.

Dans les fontes à faible teneur en carbone, le manganèse favorise de même la trempe martensitique, qui devient alors pratiquement réalisable et peut donner lieu à des applications industrielles, à cause des qualités mécaniques élevées des fontes brutes de coulée, de leur homogénéité structure, de la faible quantité et de la forme ténue des éléments de graphite.

Voici les caractéristiques principales de quelques-unes des fontes étudiées, pour lesquelles l'essai de traction (R^t) a été opéré sur des éprouvettes de 25^{mm} de diamètre, coulées au diamètre de 30^{mm}. La dureté Δ a été déterminée sur éprouvettes coulées en sable, d'épaisseur entre 15 et 150^{mm}.

									Ac.				Limite de réver-	
Nos.	C^t.	Si.	Mn.	P.	S.	Cr.	R^t.	Δ.	début.	fin.	Ar.	Ar″.	sibilité.	Expansion.
1...	2,40	2,50	1,43	0,156	0,075	-	32,6	255-277	780	840	670	-	765	$2,45.10^{-3}$
2...	2,00	2,26	1,54	0,088	0,072	-	33,4	310-255	795	815	640	-	750	$1,1\ .10^{-3}$
3...	2,11	3,35	2,14	0,148	0,033	-	30,5	321-277	815	830	-	160	750	$2,45.10^{-3}$
4...	2,50	2,98	2,12	0,280	0,059	-	32,5	311-286	810	830	-	150	750	$2,85.10^{-3}$
5...	1,72	2,90	2,50	0,072	0,051	-	31,3	364-332	780	800	-	125	900	$0,7\ .10^{3}$
6...	1,96	2,85	2,06	0,102	0,048	-	33,9	321	775	800	-	130	800	$1,35.10^{3}$
7...	1,69	2,89	3,75	0,118	0,026	-	-	-	750	800	-	75	>925	$1,25.10^{3}$
8...	2,22	2,28	3,2	0,172	0,033	0,32	-	-	775	800	Ar′620	Ar″100	975	$0,4\ .10^{-3}$
9...	1,73	3,78	2,6	0,154	0,057	0,48	-	-	825	850	Ar′675	Ar″175	775	$1,6\ .10^{3}$

Les valeurs données pour l'expansion sont obtenues par deux chauffages opérés à 900° et 1000°, à la vitesse moyenne de 26°/min, suivis de refroidissements à la vitesse moyenne de 18°/min. Pour la détermination des points Ar et Ac, on a réchauffé à 925° à la vitesse de 26°/min et refroidi à l'air calme, à la vitesse de 4°,5/sec.

Une trempe à l'air calme à 875° donne à la fonte n° 5 une dureté de 600 unités Brinell, avec des éprouvettes de 80$^{mm^2}$ de section, contre 532 pour des barreaux carrés de 40^{mm} de côté trempés à l'air soufflé. Mais un revenu à 750° ramenait la dureté à 241-277 et rendait l'usinage aussi facile que pour une fonte ordinaire.

Le tableau ci-dessus montre que l'abaissement des températures Ar'' croît avec la teneur en manganèse et que le relèvement de la température limite de réversibilité est une fonction analogue du manganèse et varie en sens inverse du silicium et du carbone total. Une faible addition de chrome aux fontes des types 3 à 7 augmente la stabilité, mais diminue légérement le pouvoir trempant.

L'hétérogénéité physique du premier degré est pratiquement nulle pour ces fontes; dans des éprouvettes en échelon, d'épaisseur variable entre 15 et 150^{mm}, l'hétérogénéité structurale du deuxième degré est faible, car, chiffrée au moyen de l'essai de dureté, elle atteint 8 à 9 pour 100 seulement pour des fontes contenant : C_{total}, 1,8-2,4; Mn, 1,5-2,5; Si, 2,5-3.

Voici quelques résultats obtenus aux essais mécaniques, à l'état naturel et après trempe à l'air soufflé à 875° suivi de revenu et refroidissement à l'air. On notera les deux maxima à 300 et 800° pour la résistance à la flexion R_f et pour la flèche f, un autre à 300° pour la résistance au cisaillement R_c, alors qu'à l'état naturel, les flèches des fontes au manganèse sont faibles.

			Rev.					
Fonte n° 4.	Et. Nat[l].	Trempé.	100°.	300°.	500°.	700°.	800°.	900°.
Δ : Dureté Brinell	311-286	532	512	495	387	286	248	293
Rc : Résistance cisaillement..............	36,6-34	50	56	77	61	46	44	51
Rf : Résistance flexion (ép. de 8 × 70)......	775-740	415	430	1100	860	990	1160	850
f : flèche............	0,11-0,12	0,10	0,09	0,21	0,11	0,15	0,28	0,16

La résistance à la traction n'atteint en moyenne 35 à 40 kg/mm² qu'avec des fontes contenant : C_{total}, 2-2,4; Si 2,9-3; Mn, 0,5; P et S, 0,08; les autres n'ont donné en général que des chiffres allant de 30 à 35 kg/mm².

CHIMIE ORGANIQUE. — *Au sujet d'un cas particulier d'isomérie allylique.* Note (1) de M. **Rambaud**, présentée par M. Urbain.

L'action de PBr^3 sur le vinylglycolate d'éthyle fournit le γ-bromocrotonate d'éthyle (2) par suite d'une transposition moléculaire :

$$CH^2{=}CH-CHOH-COOC^2H^5 \rightarrow CH^2Br-CH{=}CH-COOC^2H^5$$

Cette transposition n'est pas complète. Le bromocrotonate (éb. 100°/14) ne constitue, lors de la première distillation, qu'une faible partie des produits; il est accompagné d'une quantité bien supérieure (douze fois en poids) de produits plus volatils, passant sans palier depuis 56°/14 et fortement lacrymogènes.

Ces têtes ne sont pas un mélange d'α et de γ-bromures car leurs constantes sont, pour cela, trop faibles. D'ailleurs, les dosages de brome fournissent un résultat inférieur au chiffre théorique pour un tel mélange.

Ce ne sont pas non plus un mélange de γ-bromure et de vinylglycolate d'éthyle inaltéré. Ces deux corps se séparent en effet parfaitement par distillation, ainsi que l'a montré un essai effectué sur un mélange, en proportions calculées, préparé synthétiquement à partir des deux constituants purs.

Ces têtes ne peuvent donc être qu'un mélange d'α-bromure et de vinylglycolate d'éthyle. Le bromure en constitue la majeure partie (de l'ordre de 70 pour 100 en moyenne); malheureusement, on ne peut l'en isoler par distillation pour deux raisons :

1° Le point d'ébullition qu'on prévoit pour lui est, à quelques degrés près, le même que celui du vinylglycolate d'éthyle.

2° Il est instable. La chaleur l'isomérise en γ-bromocrotonate, de telle sorte que tout essai de rectification ne conduit qu'à l'isolement de nouvelles quantités de ce γ-bromure. Au sixième tour, le rendement en γ-bromure atteint 30 pour 100 et les têtes, considérablement réduites, ne présentent pas de palier plus net.

Connaissant l'indice et la densité du vinylglycolate d'éthyle pur, et ceux de deux échantillons de produits de tête, correspondant à des températures d'ébullition différentes, on a pu, cependant, à l'aide de dosages de brome,

---

(1) Séance du 11 juillet 1932.

(2) Kirrmann et Rambaud, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1168.

et en appliquant la règle des mélanges, calculer les constantes probables de l'α-bromovinylacétate d'éthyle.

A partir de l'échantillon I,

$$n_{19} = 1,462; \quad d_{19} = 1,336; \quad \text{R. M.} = 39,64 \quad (\text{théor. } 38,75).$$

A partir de l'échantillon II,

$$n_{19} = 1,465; \quad d_{19} = 1,342; \quad \text{R. M.} = 39,76 \quad (\text{théor. } 38,75).$$

Ces valeurs coïncident sensiblement entre elles, et avec celles prévues par comparaison avec d'autres couples α et γ substitués.

Ces expériences ont été répétées et leurs conclusions vérifiées sur un autre éther, le vinylglycolate de méthyle :

$$\text{Éb.} = 60/14; \quad n_{19} = 1,4385; \quad d_{17,5} = 1,100;$$
$$\text{R. M.} = 27,69 \quad (\text{théor. } 27,89).$$

L'α-bromure, obtenu par l'action de PBr^3, s'isomérise en γ-bromure :

$$\text{Éb.} = 91/18; \quad n_{25} = 1,497; \quad d_{23} = 1,489; \quad \text{R. M.} = 35,18 \ (\text{théor. } 34,13),$$

encore plus rapidement que son homologue éthylique.

Ces isomérisations sont à rapprocher de celles qu'on observe sur les carbinols du type :

$$CH^2 = CH - CHOH - R \qquad (R = \text{carbure}).$$

L'action de PBr^3 sur ces alcools fournit uniquement le bromure primaire sans trace aucune de bromure secondaire ([1]). Il découle de nos mesures que la présence d'un groupe $R(COOC^2H^5)$ accroît la stabilité du bromure secondaire.

Il était à prévoir que cet accroissement de stabilité serait encore plus accentué vis-à-vis des chlorures ([2]). Nous avons donc soumis le vinylglycolate d'éthyle à l'action de $SOCl^2$ ([3]). Le produit obtenu possède les constantes suivantes :

$$\text{Éb.} = 67,5/23; \quad 161\text{-}162 \text{ sous A}; \quad n_{21,5} = 1,437; \quad d_{21,5} = 1,079;$$
$$\text{R. M.} = 36,06 \quad (\text{théor. } 35,85).$$

qui concordent avec celles prévues pour l'α-chlorovinylacétate d'éthyle.

([1]) Bouis, *Thèse Doctorat*, 1928.
([2]) Prévost, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1052.
([3]) Darzens, *Comptes rendus*, 152, p. 1314.

Nous n'avons pu mettre en évidence aucune trace de γ-chlorocrotonate dont le point d'ébullition, 191-193° (1) est nettement supérieur.

La transposition allylique, déjà gênée dans le cas des bromures, est donc absolument empêchée dans le cas des chlorures par la présence d'un groupe carbéthoxyle ou d'un groupe analogue.

Un essai de passage de l'α-chlorure à l'α-bromure par l'action de $CaBr^2$ pulvérisé a confirmé la transposition observée à partir de l'alcool : il fournit, avec un rendement de 60 pour 100, du γ-bromocrotonate d'éthyle et des têtes d'où l'on a pu extraire du chlorure inattaqué.

Ces résultats complétant ceux déjà publiés par nous (2) montrent donc que la substitution d'un groupement $COOC^2H^5$ ou $COOCH^3$ au groupe carbure des carbinols allyliques a pour effet d'accroître la stabilité du produit de réaction normale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formation de divers composés sulfurés organiques à partir de carbures éthyléniques.* Note de MM. **A. Mailhe** et **M. Renaudie**, présentée par M. C. Matignon.

La préparation des mercaptans par voie catalytique a été réalisée en dirigeant sur de la thorine à 380°, un mélange d'hydrogène sulfuré et de vapeurs de l'alcool correspondant au mercaptan désiré (3).

D'autre part, les mercaptans sont dédoublés catalytiquement par le sulfure de cadmium, soit, à 320°, en sulfure neutre et hydrogène sulfuré, soit, à 300°, en carbure éthylénique et hydrogène sulfuré (4).

Nous avons cherché à réaliser les réactions inverses par action d'un carbure éthylénique sur l'hydrogène sulfuré en présence de silicagel porté de 650° à 725°, selon la condensation en carbone des hydrocarbures mis en jeu. Nos essais ont porté sur l'éthylène, le propène-1, le butène-1, l'isoamylène.

Chacun de ces carbures nous a fourni, dans ces conditions :

a. Des gaz : ceux-ci renferment, à côté d'hydrocarbure et d'hydrogène sulfuré non transformés, une certaine quantité d'hydrogène (25 pour 100) et de méthane (20 à 30 pour 100);

---

(1) Lespieau, *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 1410.

(2) Kirrmann et Rambaud, *loc. cit.*

(3) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1217.

(4) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1570.

b. Une essence, jaune, d'odeur nauséabonde, recueillie dans des absorbeurs à charbon activé. Le tableau suivant résume les caractéristiques de chacune des essences obtenues :

Essence issue de	Éthylène.	Propène.	Butène.	Amylène.
Sur silicagel à	725°.	675°.	650°.	650°.
Densité à 15°	1,030	0,940	0,922	0,900
Indice de réfraction à 20°	1,5394	1,5148	1,5076	1,5028
Indice d'iode	45	58	64	78,5

Ces essences distillaient entre 40° et 135° à 250° selon les cas.

c. Une huile, noirâtre, d'odeur nauséabonde, recueillie dans un simple récipient de condensation, et dont voici les caractéristiques :

Huile issue de	Éthylène.	Propène.	Butène.	Amylène.
Densité à 15°	1,2	1,125	0,970	0,972
Indice d'iode	54,3	75	68	71

Nous avons cherché à identifier et à doser les divers constituants de ces produits de densité élevée ; nous y avons trouvé : un peu de *soufre libre*, du *sulfure de carbone*, des *mercaptans* divers, du *thiophène* et ses homologues fournissant avec l'isatine et la phénanthraquinone les réactions colorées caractéristiques, enfin des *sulfures d'alcoyles*. Ces divers composés sulfurés sont plus ou moins dilués par des *hydrocarbures liquides*, saturés, éthyléniques et aromatiques. Le tableau suivant résume la composition des essences :

	Éthylène.	Propène.	Butène.	Amylène.
Soufre total	29,70 %.	14,09 %.	11,81 %.	8,22 %.
Sulfure de carbone	15,9 %	0,76 %	0,4 %	0,23 %
Mercaptans	1,85	2,80	4,3	11,3
Thiophène	24,5	18,0	18,2	10,7
Sulfures neutres	17,95	20,02	13,7	4,0
Total des composés sulfurés	60,20	41,58	36,6	26,23
Total des hydrocarbures divers	39,80	58,42	63,4	73,77

Les huiles présentent une composition analogue.

L'examen de ces résultats nous a conduit à penser que les carbures éthyléniques réagissaient sur l'hydrogène sulfuré, au contact de silicagel vers 700°, de la manière suivante :

1° Les hydrocarbures mis en jeu se combinent directement à l'hydrogène sulfuré pour donner les *mercaptans* correspondants. D'autre part, ces carbures éthyléniques se condensent au contact du gel de silice en *carbures*

aromatiques et éthyléniques de rang plus élevé, ou se dégradent en *carbures saturés* ou non, pouvant aller jusqu'au méthane et à l'hydrogène ([1]). Les nouveaux carbures éthyléniques formés fournissent avec l'hydrogène sulfuré en excès les mercaptans correspondants. Nous retrouvons en effet dans les produits condensés des thiols de rangs divers des carbures aromatiques et des carbures éthyléniques non sulfurés; les gaz renferment du méthane et de l'hydrogène.

2° Les mercaptans se décomposent en *sulfures neutres* et hydrogène sulfuré par un mécanisme analogue à celui de la réaction précitée, sur sulfure de cadmium.

3° Les sulfures neutres peuvent à leur tour donner naissance, au contact de silicagel, à du *thiophène et à ses homologues*, et ceci dans une forte proportion. Kékulé et V. Meyer avaient déjà obtenu cette réaction dans un simple tube chauffé au rouge ([2]). Nous en avons vérifié la possibilité en essayant de décomposer du sulfure neutre de butyle en tiophène sur silicagel à 700°. Nous avons obtenu effectivement ce composé, accompagné de thiotolène. De plus nous avons pu obtenir directement du thiophène à partir de butanethiol sur silicagel à 650-700°.

4° Il y a accessoirement formation de petites quantités de *sulfure de carbone;* sa production devient abondante si la température réactionnelle est plus élevée, ce qui est le cas pour l'éthylène.

VOLCANOLOGIE. — *L'état actuel de la Montagne Pelée.* Note ([3]) de M. **Romer.**

Le cycle éruptif actuel de la Montagne Pelée qui débuta en août 1929 a présenté quatre phases successives décrites par MM. Arsandaux et Perret ([4]) :

1° Accentuation de l'activité des fumerolles, qui de sulfhydriques devinrent sulfureuses, du 23 août au 16 septembre 1929.

([1]) Mailhe et Renaudie, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 265 et 851; **192**, 1931, p. 429 et 561.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **18**, 1885, p. 217.

([3]) Séance du 4 juillet 1932.

([4]) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 761; **191**, 1930, p. 623; **192**, 1931, p. 1253; **193**, 1931, p. 1342 et 1439; **194**, 1932, p. 294.

2° Débouchage : explosions vulcaniennes, du 16 septembre au 13 novembre 1929, produisant un évidement des flancs sud et sud-ouest du dôme édifié en 1902.

3° Émission de magma neuf à partir du 17 novembre 1929 et production de nuées ardentes. Une zone de 9 à 10^{km^2} allant du sommet de la montagne à la mer a été ravagée par les apports de nuées.

4° Édification d'un nouveau dôme dans l'échancrure produite par évidement.

Ce dôme s'est élevé, comme le précédent, par accumulation de blocs et par extrusion d'aiguilles. Cet édifice s'accroissant sans cesse, en même temps que cessa l'ère des grandes nuées, l'échancrure se trouva vite comblée et à partir d'août 1930 les flux de laves commencèrent à déborder sur les flancs non détruits du dôme préexistant au Sud et Sud-Est. Depuis mars 1930, cette phase continue.

Durant 1931, l'émission considérable de lave incandescente a été le fait caractéristique. Les produits de consolidation ont provoqué un fort accroissement du nouveau dôme par bourgeonnement (élévation de plus de 50^m de fin octobre à fin novembre) et il en est résulté une crête rocheuse orientée E-W. Les avalanches dues à l'écroulement des masses solides à leur arrivée à la surface ont accru le talus d'éboulis et son angle d'ouverture corrélativement à l'ascension du dôme.

A partir de 1932, l'activité volcanique a été localisée au sud-est du dôme. Elle a été marquée par l'érection d'une aiguille. Apparue le 7 novembre 1931, elle s'est développée pendant trois semaines, a atteint 45^m, puis s'est écroulée (20 décembre). Elle reprit forme à partir du 20 février. D'abord effilée en forme de pyramide à trois pans, elle a repoussé après de nombreux écroulements, toujours en s'épaississant de plus en plus par la base, pour présenter finalement l'aspect d'une masse rocheuse énorme. Actuellement le dôme a une altitude moyenne de 1440^m (sommet de l'aiguille à 1455^m) avec forme allongée (E-W). Au Nord et Nord-Ouest, il est séparé des restes du précédent dôme par un sillon étroit dont la profondeur va en augmentant de l'Est à l'Ouest. Sur les flancs ouest et sud-ouest où ne se produisent plus de chute de blocs récents, face au Petit Bonhomme et aux vallées de la Rivière Blanche et de la Rivière Claire, il semble que le profil d'équilibre soit atteint.

Sur les flancs sud et sud-est, les avalanches sont nombreuses. Émergeant à la base de l'aiguille, les blocs incandescents descendent, sans force, suivant la ligne de plus grande pente du talus. L'ancienne rainure étant comblée sur 200 à 300^m de longueur, les chutes se poursuivent sur les flancs de la petite Savane et du Morne Saint-Martin pour aboutir dans la haute Rivière Sèche.

Les produits émis présentent les mêmes types de dacitoïdes vitreuses ou quartzifères. Des échantillons des pans de l'aiguille, tombés fin mars et examinés par M. A. Lacroix, ont montré que, comme pour l'éruption précédente, dans la production lente d'aiguilles, le magma se trouve dans des conditions favorables à la cristallisation du quartz.

Les fumerolles de l'ancien dôme, en nombre considérable au début de l'éruption, sont cantonnées maintenant en deux points. La rainure nord présente deux fumerolles d'activité constante (90° C. avec concrétions d'alunogène, de gypse et 86° C., avec soufre). D'autres, moins importantes, donnent du salmine. Le deuxième groupe sur le flanc ouest émet des vapeurs légèrement sulfureuses. Sur le nouveau dôme, les fumerolles sont surtout actives au pied de l'aiguille. Un groupe important comprenant les fumerolles du flanc ouest et du sillon qui sépare les deux dômes est nettement sulfureux. La plus accessible accusait au début de juin 180° C.; un prélèvement de gaz a donné la composition suivante : CO^2, 3,6; SO^2, 5,5; N, 74; O, 16,5; HCl, traces. Il faut noter l'absence de tout gaz combustible.

La plus grande activité est réservée maintenant aux phénomènes secondaires dus aux agents atmosphériques. L'érosion éolienne qui fort longtemps attaquait seule la région couverte par les apports de nuées est encore importante par temps sec. L'érosion marine s'est montrée fort active depuis mars 1930, et l'ancien rivage tend à se rétablir.

Ce sont surtout les eaux de pluies qui ont provoqué et continuent à provoquer les plus grandes modifications. Le terrain, nivelé par les nuées, est maintenant creusé de profondes ravines dont trois, plus importantes, aboutissant à la mer, atteignent 15 à 20m de profondeur. Les fumerolles secondaires produites, jusqu'en fin 1931, par les eaux dans les amas de cendres chaudes, ont complètement disparu. Il est possible qu'avec les premières grandes pluies de l'hivernage elles réapparaissent.

Des émissions cendreuses sont produites par les précipitations, sur le dôme très chaud. Se manifestant après chaque grande pluie, le phénomène présente des analogies avec les nuées : entraînement de blocs et de cendres, volutes contorsionnés en choux-fleurs, mais moins nettes et de coloration plus blanche. Ces pseudo-nuées à température peu élevée, fréquentes pendant l'hivernage 1931, ont tendance à se répéter nombreuses en 1932.

En résumé, l'éruption 1929-1932 semble n'avoir été qu'une répétition amoindrie de celle de 1902, avec les mêmes phénomènes et la même succession de phases. S'il n'y a pas lieu actuellement de ne s'inquiéter des dernières manifestations qui vont en s'atténuant, il faut se rendre compte que

l'état actuel du volcan et de ses abords est tel que tous les écrans topographiques, qui jusqu'alors offraient un semblant de protection pour les agglomérations voisines, ont disparu. Il suffirait que des nuées ardentes d'intensité moyenne se produisent et que leur point d'émission soit situé sur les flancs sud ou sud-est du nouveau dôme pour que se renouvellent des phénomènes fort dangereux.

BIOLOGIE PHYSICO CHIMIQUE. — *Étude aux rayons X de la Chitine d'*Aspergillus niger, *de* Psalliota campestris *et d'*Armillaria mellea. Note (¹) de Mme **Y. Khouvine**, présentée par M. G. Urbain.

Depuis les recherches de C. Tanret (²) et de E. Gilson (³) on sait que les membranes cellulaires de l'*Aspergillus niger* ainsi que celles des champignons contiennent une matière azotée dont la quantité d'azote est voisine de celle de la chitine, et qui donne par hydrolyse de la glucosamine.

Nous avons voulu, à l'aide des rayons X, voir si cette chitine végétale était identique à la chitine animale. Pour cela nous avons préparé de la chitine de carapace d'écrevisse, d'*Aspergillus niger*, de *Psalliota campestris* et d'*Armillaria mellea*.

1° *Chitine animale*. — Des carapaces d'écrevisses sont mises en contact pendant 24 heures avec HCl à 2 pour 100 à froid. Après lavage et dessiccation on les épuise, au Kumagawa, successivement par l'alcool, le chloroforme et l'éther. On les traite ensuite par 10 fois leur poids de NaOH à 2 pour 100 pendant 2 heures au bain-marie, autant de fois qu'il est nécessaire pour que le liquide surnageant, après centrifugation, soit incolore. On fait agir ensuite 2 fois pendant 2 heures une solution d'hypochlorite de sodium à $0^g,540$ pour 100 de Cl actif, puis une solution de bisulfite de sodium à 1 pour 100. Après une dernièrem acération dans HCl à 2 pour 100, on lave soigneusement à l'eau, à l'alcool, à l'éther et l'on sèche dans le vide.

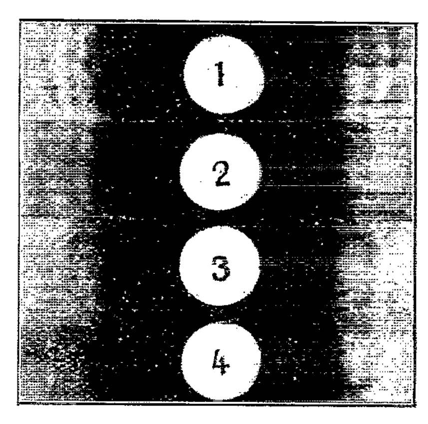
Le produit ainsi obtenu contenait 6,9 pour 100 d'azote et donnait le diagramme caractéristique de la chitine.

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

(²) C. Tanret, *Recherches sur les champignons* (*Bull. Soc. chim.*, 17, 1897, p. 921).

(³) E. Gilson, *De la présence de la chitine dans la membrane cellulaire des champignons* (*Comptes rendus*, 120, 1895, p. 1000).

2° *Chitine végétale, Aspergillus niger.* — Les cultures ont été faites sur liquide de Raulin et le mycélium recueilli dès qu'apparaissent les premières spores. Après 3 à 4 épuisements à l'eau bouillante le mycélium est desséché et traité comme les carapaces d'écrevisses. Comme le pourcentage de chitine est faible il faut faire plusieurs séries de traitements. Le degré de pureté est contrôlé par l'analyse et le diagramme. Avant toute purification, la



Rœntgenogrammes de chitine. (Radiations K du cuivre.)
1, carapace d'écrevisse; 2, *Armillaria mellea;* 3, *Aspergillus niger;* 4, *Psalliota campestris.*

substance ne donne comme diagramme qu'une large tache centrale. Après un premier traitement, le diagramme est flou et le taux d'azote n'est que de 4,56 pour 100. Après trois traitements, le diagramme obtenu est identique à celui de la carapace d'écrevisses et le taux d'azote est monté à 6,45 pour 100.

Psalliota campestris. — Les champignons sont débarrassés des débris végétaux et soigneusement lavés. Ils sont ensuite traités comme le mycélium d'*Aspergillus niger.* Après deux purifications, le taux d'azote est de 6,66 pour 100 et le diagramme montre toutes les raies caractérisques de la chitine.

L'*Armillaria mellea* a subi le même traitement que le *Psalliota compestris.* Le diagramme obtenu est caractéristique de la chitine et le taux d'azote est de 0,53 pour 100.

On voit que la chitine d'origine végétale a non seulement les caractères analytiques de la chitine animale mais aussi la même structure cristalline. Il n'est pas plus possible, actuellement, de les distinguer qu'il n'est possible de distinguer une cellulose animale d'une cellulose végétale.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les premiers fossiles découverts, au nord de l'Angola, dans le prolongement des couches du Lubilash, et sur le synchronisme des couches du Lubilash et des couches du Lualaba.* Note [1] de M. **Maurice Leriche**, transmise par M. Barrois.

La géologie des plateaux du nord de l'Angola, comme celle du Congo belge, est rendue difficile par la très grande rareté des fossiles.

Récemment, M. Fernando Mouta a découvert deux gisements fossilifères aux environs de Quèla, à 85^{km} à l'est-nord-est de Malange, près du sommet de la falaise dite du Quèla, qui forme le rebord oriental du plateau de Malange et domine la plaine de Cassanje.

Ces gisements se trouvent dans des argilites rouges, qui sont intercalées, sensiblement au même niveau, dans le complexe de grès et de schistes que MM. A. Borges et F. Mouta, après M. M. Robert, ont rattaché à la partie supérieure des couches du Kundelungu [2].

Les fossiles recueillis aux environs de Quèla m'ont été communiqués par M. Mouta, pour en faire l'étude. Ils appartiennent à deux types de Phyllopodes : *Estheria (Euestheria) mangaliensis* Jones, var. *angolensis* nov. var., et *Estheriella Moutai* nov. sp., dont les caractères sont les suivants :

Estheria (Euestheria) mangaliensis Jones, var. *angolensis*, nov. var. — L'*Estheria mangaliensis* présente un certain polymorphisme. Dans les spécimens provenant des environs de Quèla, les valves sont allongées; les bords antérieur et postérieur, pareillement arrondis, se raccordent doucement au bord ventral, qui est faiblement convexe et symétrique.

Cette espèce est extrêmement abondante dans le gisement le plus proche de Quèla, où ses valves couvrent entièrement, par places, la surface des lits. On la rencontre aussi dans le second gisement, situé au sud du premier; elle y est beaucoup moins commune et s'y trouve associée à l'espèce suivante.

Estheriella Moutai nov. sp. — Valves oblongues, subovales, plus larges en arrière qu'en avant; bord dorsal droit; bord antérieur arrondi, légèrement saillant,

---

(1) Séance du 25 juillet 1932.

(2) Cette assimilation vient d'être mise en doute par M. Mouta (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, 1932, p. 64). Il y a lieu de rappeler que le même complexe avait été rangé par M. Bebiano, en 1923, dans le système du Lubilash.

passant insensiblement au bord ventral, lequel décrit, avec le bord postérieur, une courbe régulière.

Ornementation concentrique consistant en côtes serrées et saillantes dans la région antérieure et au voisinage du crochet, plus espacées et plus effacées sur le reste des valves. Ornementation radiaire formée d'environ quatorze côtes plus fortes que les côtes concentriques.

C'est de l'*Estheriella lineata* Weiss, du Trias inférieur de l'Allemagne, que l'espèce de l'Angola se rapproche le plus. Celle-ci se distingue toutefois de l'espèce européenne par sa forme moins allongée et par ses côtes radiaires plus nombreuses.

L'*Estheria mangaliensis* semble avoir eu une large distribution géographique sur l'ancien continent de Gondwana. Elle est connue, en effet, dans l'Inde orientale et dans l'Amérique du Sud, où elle caractérise des formations qui sont à la limite du Trias et du Rhétien.

Quant au genre *Estheriella*, il ne survit pas à l'époque rhétienne.

Les fossiles recueillis par M. Mouta dans le nord de l'Angola permettent donc de déterminer l'âge des couches qui les renferment. Celles-ci doivent être placées aux confins du Trias et du Rhétien; elles paraissent chevaucher sur les couches de Beaufort et les couches de Stormberg de l'Afrique australe.

La comparaison des couches à *Estheria mangaliensis*, var. *angolensis*, et *Estheriella Moutai* de l'Angola avec les couches du Lubilash et les couches du Lualaba du Congo belge conduit à des résultats importants.

Les deux systèmes de couches que J. Cornet a distingués, au Congo belge, respectivement sous les noms de couches du Lubilash et couches du Lualaba, y occupent deux aires immenses.

Les couches du Lubilash, essentiellement gréseuses, occupent la partie occidentale, la région qui est drainée par le Moyen-Congo et par les rivières du bassin du Kasai.

Les couches du Lualaba, essentiellement argileuses et schisteuses, couvrent, à l'Est, la partie moins vaste qu'arrosent le Lualaba et le Lomami.

Les relations entre les couches du Lualaba et les couches du Lubilash n'ont pu encore être déterminées avec certitude. Cornet considérait le système du Lubilash comme étant plus récent que le système du Lualaba, tandis que quelques auteurs tendent, aujourd'hui, à ne voir, dans ces deux systèmes, que deux faciès d'une même formation.

Les couches du Lualaba sont fossilifères. Les Poissons et les Entomos-

tracés qu'elles ont livrés m'ont permis de déterminer leur âge [1]: Triasique supérieur et probablement Rhétien.

Les fossiles sont fort rares dans les couches du Lubilash. Celles-ci ont fourni, à Kitari, sur l'Inzia, à environ 360^{km} au nord-nord-est de Quèla, quelques valves mal conservées d'une *Estheria*, que j'ai rapprochée de l'*E. mangaliensis* [2].

La couche fossilifère de Kitari est une argilite rouge, identique aux argilites des environs de Quèla, à *Estheria mangaliensis* et *Estheriella Moutai*.

La comparaison de l'*Estheria* de Kitari avec celle de l'Angola montre qu'il s'agit de la même espèce. Il n'est pas douteux que les couches du Lubilash, dans lesquelles s'intercale, à Kitari, l'argilite rouge à *E. mangaliensis*, sont de la même époque que les couches des environs de Quèla à *E. mangaliensis* et *Estheriella Moutai*.

Or, comme je l'ai dit plus haut, ces dernières couches embrassent le Trias supérieur et probablement le Rhétien, et sont par conséquent de même âge que les couches du Lualaba.

Le synchronisme des couches du Lualaba et des couches du Lubilash est donc, aujourd'hui, un fait paléontologiquement établi.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *La détermination de la quantité de magnésium contenue dans les aliments essentiels et l'eau de différentes communes d'Alsace et de Lorraine et son influence sur la mortalité cancéreuse.* Note [3] de MM. **A.** et **R. Sartory**, **J. Meyer** et **E. Keller**.

Après avoir étudié la constitution géologique des arrondissements du *Haut-Rhin*, du *Bas-Rhin* et de la *Moselle* et effectué de nombreuses analyses

(1) M. Leriche, *Sur les premiers Poissons fossiles rencontrés au Congo belge, dans le système du Lualaba* (*Comptes rendus*, 151, 1910, p. 841); *Les Poissons des couches du Lualaba* (*Congo belge*) (*Revue zoologique africaine*, 1, 1911, p. 191-192); *Les Entomostracés des couches du Lualaba* (*Revue zool. afric.*, 3, 1913, p. 10-11); *Catalogue des fossiles du Congo* (50e *anniversaire de la Société géologique de Belgique, Livre Jubilaire*, 3, 1927, p. 56).

(2) *Notes sur la paléontologie du Congo*. II. *Sur les premiers fossiles rencontrés dans les couches du Lubilash* (*Revue zool. afric.*, 8, 1920, p. 78-79).

(3) Séance du 25 juillet 1932.

de l'eau et de quelques aliments essentiels végétaux prélevés sur les territoires de ces arrondissements nous nous permettrons de donner quelques conclusions, toutes statistiques à l'appui, sur l'influence de la teneur du sol en magnésie et la fréquence du cancer.

La technique employée par nous est celle de M. Breteau, Pharmacien-Général de l'Armée; nous ne l'exposerons pas en détail ici mais nous nous contenterons de dire que les dosages de magnésium ont été opérés sur des cendres blanches dans du matériel en platine; les précipités de phosphates ammoniaco-magnésiens n'ont été traités qu'après purification et examen au microscope de leur homogénéité.

Nous avons d'autre part utilisé une méthode colorimétrique dans laquelle on précipite le magnésium à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien; l'acide phosphoriqne contenu dans le précipité donne à l'état d'acide phospho-molybdique réduit par l'hydroquinone, un corps coloré en bleu : le bleu de molybdène que l'on compare à une solution magnésienne de titre connu et traitée de la même façon.

Donnons à titre d'exemple l'exposé de nos résultats analytiques pour deux communes étudiées :

Arrondissement de Thionville-Ouest :

Commune de Fameck : 1313 habitants; 45 à 50 morts annuelles par cancer pour 100000 habitants.

Pommes de terre............	29^{mg} de Mg pour 100 de matière fraiche		
Choux.....................	31	»	»
Lait.......................	18	»	»
Eau........................	$0^{g},114$ de sel de Mg par litre		

Commune de Russange : 1045 habitants; 45 à 50 morts annuelles par cancer pour 100000 habitants.

Pommes de terre............	32^{mg} de Mg pour 100 de matière fraiche		
Choux.....................	34	»	»
Lait.......................	20	»	»
Eau........................	$0^{g},120$ de sel de Mg par litre		

Voici un aperçu des résultats moyens de nos analyses et de la moyenne des cas de cancer entre 1894 et 1914 indiqués par la statistique officielle dans les arrondissements étudiés :

	Mortalité (cancer). (1).	Mg de l'eau. (2).	Mg des aliments. (3).	Importance du Mg quant à la structure géologique.
Arrondissement de Thionville-Ouest.				
Fameck (1313 hab.), Russange (1045 hab.)......	45-50	0,117	25	teneur faible
Arrondissement de Thionville-Est.				
Flastroff (448 hab.), Boust (394 hab.), Hunting (255 hab.), Luttange (369 hab.)............	45-50	0,154	27	teneur forte
Arrondissement de Wissembourg.				
Motheren (1293 hab.), Salmbach (677 hab.), Wingen (612 hab.), Schœnenbourg (522 hab.).	90-99	0,090	26	teneur moyenne
Arrondissement de Molsheim.				
Bellefosse (243 hab.), Klingenthal + Bœrsch (1183 hab.), Altdorf (746 hab.)............	120-129	0,162	26	teneur faible
Arrondissement d'Altkirch.				
Mespach-le-Bas (446 hab.), Ehschingen (114 hab.), Liebsdorf (237 hab.)......................	45-50	0,090	23	teneur moyenne

Les arrondissements de *Wissembourg* et d'*Altkirch* se ressemblent beaucoup au point de vue de la teneur moyenne des eaux en sels de magnésium. Seule la moyenne de la teneur en magnésium des végétaux est différente : plus faible dans l'arrondissement d'*Altkirch* que dans celui de *Wissembourg*. Le nombre des cancéreux est plus faible pour *Altkirch* que pour *Wissembourg*.

La teneur moyenne des eaux en sels de magnésium est plus forte pour l'arrondissement de *Thionville-Est* que pour *Thionville-Ouest;* de même pour l'importance du magnésium dans la structure géologique. En admettant que la présence du magnésium dans le sol influence la mortalité cancé-

(1) Il s'agit de la mortalité cancéreuse annuelle pour 100 000 habitants.

(2) Teneur en magnésium de l'eau en grammes par litre.

(3) Teneur en magnésium des aliments végétaux en milligrammes pour 100 de matière fraîche.

reuse, celle-ci devrait être plus faible pour *Thionville-Est* que pour *Thionville-Ouest;* or cette mortalité est identique dans les deux arrondissements.

Pour l'arrondissement de *Molsheim*, le terrain magnésien est un peu moins important que pour celui de *Thionville-Ouest.* La mortalité cancéreuse indique 120 à 129 décès : c'est la plus forte des trois départements. La teneur des aliments végétaux en magnésium est identique à celle de Wissembourg et voisine de celle de *Thionville-Est*, supérieure à celle de *Thionville-Ouest* et d'*Altkirch.* La quantité de sels magnésiens présents dans les eaux de l'arrondissement de *Molsheim* dépasse celle d'*Altkirch* et de *Wissembourg*. Elle est la plus forte d'entre tous les arrondissements envisagés par nous.

Il ne nous semble donc pas qu'il y ait pour ces arrondissements une corrélation entre la mortalité cancéreuse, la quantité de magnésium dans les aliments essentiels et les eaux, et la structure géologique du sol, sinon il faudrait trouver, pour une même teneur en magnésie du sol, des eaux et des aliments usuels, une même mortalité cancéreuse.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 juillet 1932.)

Note de MM. *Maurice de Broglie* et *Louis Leprince-Ringuet*, Sur les neutrons du bore excité par l'émanation du radium :

Page 89, 15e ligne, *au lieu de* 300 paires d'ions, *lire* 3000 paires d'ions.

Note de MM. *M. Pauthenier* et *R. Guillien*, Étude électrométrique directe de la charge limite d'une sphère conductrice dans un champ électrique ionisé :

Page 116, premier tableau, sphères de 1mm de rayon, première colonne, deuxième ligne, *au lieu de* 6,4, *lire* 26,4.

(Séance du 11 juillet 1932).

Note de M. *J. Guéron*, Sur l'hydrolyse lente de l'acétate de zinc :

Page 150, ligne 5 de la Note, *au lieu de* $0,0015^{mol}$, *lire* $0,015^{mol}$.

(Séance du 25 juillet 1932.)

Note de M. *René Audubert*, Sur le calcul du rayon moyen des granules d'un système dispersé :

Page 306, ligne 9, *au lieu de* $(\psi_0 - \psi/\psi_0)$, *lire* $(1 - \psi/\psi_0)$; ligne 17, *au lieu de* $(\psi_0 - \psi/\psi_0)$, *lire* $(1 - \psi/\psi_0)$; *au lieu de* $z = (1 - \psi/\psi_0)\sqrt{\mu}$, *lire* $z = \psi_0 . \sqrt{\mu}/(\psi - \psi_0)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AOUT 1932.

PRÉSIDENCE DE M. Emile ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 17 août au lieu du lundi 15.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formule de constitution du laccol.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks**.

Les latex qui servent à la fabrication des précieux objets de laque de l'Extrême-Orient proviennent de plusieurs espèces d'arbres de l'ordre des Anacardiacées, principalement : en Chine et au Japon de *Rhus vernicifera* D. C., en Indochine de *Rhus succedanea* L. fils.

La composition chimique du latex de *Rhus vernicifera* a été étudiée la première. En 1882, S. Ishimatsu a séparé de cette sécrétion près de 60 pour 100 d'une substance oléagineuse soluble dans l'alcool, 6,5 pour 100 de gomme et 33,5 pour 100 d'eau. A la substance soluble dans l'alcool et précipitable par l'acétate de plomb il a donné, d'après l'analyse du composé plombique, la formule brute $C^{20}H^{30}O^{2}$ (1). Cette étude a été reprise l'année suivante par H. Yoshida et par O. Korschelt. Selon ces deux chimistes, la substance principale du latex serait de caractère acide et de formule $C^{14}H^{18}O^{2}$. Yoshida l'a appelée acide urushique (2); il a observé, en outre,

---

(1) *Mem. of Manchester litterary and philosophical Soc.*, 3e série, 3, 1882, p. 249.

(2) Du nom *urushi* du latex de l'arbre à laque au Japon.

que la transformation du latex en laque était sous la dépendance d'une diastase (¹),

Le latex de *Rhus succedanea* a été examiné un peu plus tard. En 1894, l'un de nous, opérant sur le produit de l'arbre à laque du Tonkin, lui a trouvé une composition très voisine de celui du Japon, mais a reconnu que le liquide oléagineux était un polyphénol et non un acide, d'où le nom de laccol qu'il lui a donné. Quant à la diastase, il a réussi à démontrer qu'elle appartenait à un nouveau type de catalyseurs biologiques, celui des oxydases, et il l'a appelée laccase. Obligé de surseoir à l'étude du laccol, dont il ne pouvait supporter que péniblement les propriétés irritantes, il a du moins mis en évidence, par diverses recherches, que les hydroxyles phénoliques du laccol étaient en situation ortho ou para et que la transformation du latex en laque correspondait à la production d'une sorte de quinone, probablement même de quinone condensée (²).

Pour définir d'une manière plus précise le mécanisme de formation des laques végétales et faciliter l'étude des problèmes qui s'y rattachent, il était nécessaire de compléter l'étude de la constitution de l'acide urushique et du laccol. R. Majima, seul ou avec ses collaborateurs, a publié à ce sujet, de 1907 à 1922, une longue et très intéressante série de recherches (³). Majima a surtout examiné le principal constituant de l'urushi. Il a constaté, tout d'abord, que c'était, comme dans le cas de l'arbre à laque du Tonkin, non pas un acide mais un polyphénol : l'acide urushique est devenu ainsi l'urushiol. Il y a dans ce corps deux hydroxyles phénoliques situés en position ortho et une longue chaîne latérale d'hydrocarbure non saturé. Majima suppose l'existence dans cette chaîne de deux liaisons éthyléniques dont les places sont encore à déterminer. Après avoir hésité entre une chaîne en C^{15} et une chaîne en C^{16}, il a proposé finalement de représenter l'urushiol par la formule suivante :

$$\text{cycle : CH, C—}C^{15}H^{27}\text{, C—OH, C—OH, CH, CH} = C^{21}H^{32}O^{2}.$$

(¹) H. Yoshida, *Journ. chem. Soc.*, **43**, 1883, p. 472; H. Yoshida et O. Korschelt, *Trans. As. Soc. Japan*, **12**, 1883, p. 182.

(²) Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 1215; **120**, 1895, p. 266; **122**, 1896, p. 1132; **137**, 1903, p. 1269; *Ann. Chim. Phys.*, 7ᵉ série, **12**, 1897, p. 115, etc.

(³) Dans les *Ber. d. d. chem. Ges.*, et rassemblées dans *Untersuchungen über den Japanlack*, Tokyo, 1924.

Le même savant a examiné aussi, mais d'une manière moins approfondie, un échantillon de latex d'Indochine. D'après lui, le laccol qui s'y rencontre serait un homologue supérieur de l'urushiol avec la formule de constitution

$$\text{CH}{:}\,\text{C}_6\text{ ring: CH, CH, CH, C—}C^{17}H^{31}\text{, C—OH, C—OH} = C^{23}H^{36}O^{2}.$$

Des circonstances nous ayant permis de reprendre l'étude du laccol, nous avons obtenu des résultats qui ne concordent pas entièrement avec la formule proposée par Majima [1]. D'après nos expériences, le laccol, que nous sommes parvenus à obtenir pour la première fois à l'état cristallisé, fusible à $+23°$, ne renfermerait qu'une chaîne latérale à 16^{at} de carbone et aurait ainsi pour formule

$$\text{CH}{:}\,\text{C}_6\text{ ring: CH, CH, CH, C—}C^{16}H^{29}\text{, C—OH, C—OH} = C^{22}H^{34}O^{2}.$$

Cette conclusion repose sur les propriétés et l'analyse de divers composés et, particulièrement, de dérivés relativement simples du laccol, d'une bonne stabilité, aisément cristallisables, et pouvant être amenés à l'état de pureté complète : nous voulons dire les esters diacétique et dipropionique du tétrahydrolaccol.

Pour obtenir ces dérivés, on fixe d'abord deux molécules d'hydrogène à froid, par catalyse à l'aide du noir de platine, sur le laccol en solution alcoolique [2]. Le tétrahydrolaccol résultant est séparé par distillation fractionnée dans le vide, recristallisé dans le xylène, puis estérifié par chauffage, à la pression ordinaire, avec un excès d'anhydride acétique ou de chlorure de propionyle. L'ester acétique est purifié enfin par fraction-

---

[1] Cette discordance est explicable par les difficultés du problème à résoudre : le laccol est pour la plupart des personnes très pénible à manier, il s'oxyde assez rapidement dès la température ordinaire, supporte mal l'action de la chaleur et ne présente qu'un petit nombre de caractères permettant de le séparer des substances qui l'accompagnent; enfin, la grandeur de sa molécule atténue sensiblement la valeur des résultats de l'analyse élémentaire.

[2] On trouvera les détails dans une autre publication.

nement dans l'alcool méthylique jusqu'à solubilité constante. Pour l'ester propionique on emploie l'alcool absolu.

Voici, à titre d'exemple, les principales données quantitatives rassemblées sur l'ester diacétique, corps relativement facile à obtenir à l'état pur et que l'on peut considérer comme un véritable dérivé de référence pour l'identification du laccol :

Solubilité à + 18°-19°, dans l'alcool méthylique à 98 pour 100 : $0^g,24$ pour 100^{cm^3}.
Point de fusion, au tube capillaire : 57°,6 corrigé.
Poids moléculaire, par cryoscopie dans le phénol : trouvé, 413, 414 et 426; calculé, 418.
Analyse élémentaire :

	Carbone.	Hydrogène.
Trouvé	74,20	10,60
	74,02	10,32
	73,99	10,23
	74,26	10,22
Calculé	74,64	10,05

Indice d'acétyle : trouvé, 28,15, 28,48 et 28,66; calculé, 28,70.

Ainsi, le lacool s'apparente à la fois à deux substances très répandues dans les organismes vivants : au pyrocatéchol, par son noyau cyclique, et à l'acide palmitique, par sa chaîne latérale.

MÉTÉOROLOGIE. — *La fluctuation du climat arctique.* Note de M. J. Schokalsky.

Durant le voyage mémorable du *Fram*, Nansen a trouvé la Mer Arctique en 1853-1856 assez froide dans les couches supérieures, l'isothermobate zéro étant à la profondeur de 200^m environ.

Durant son voyage en 1899 sur le brise-glace le *Erneak*, M. S. O. Makarov observa au nord du Spitsberg et entre l'archipel François-Joseph et la Novaia Zembia que l'isothermobate zéro se trouvait de même à 200^m de profondeur.

Actuellement les travaux de l'Institut océanographique de Moscou (MM. Zoubov et Sokolov) ont prouvé qu'entre le Spitsberg et l'Archipel François-Joseph (à la latitude 81° N) et entre l'Archipel François-Joseph et la Novaia Zemlia, l'isothermobate zéro se trouve actuellement à la profondeur de 50 à 70^m environ, selon l'endroit.

Cela prouve que durant les 30 dernières années le courant atlantique (le Gulf-Stream) a transporté une énorme masse d'eaux chaudes dans le bassin polaire, suffisante pour élever l'isothermobate zéro de plus de 100^m.

L'expédition des États-Unis sur le bateau *Marion* dans la Mer de Baffin en 1928 constata de même que l'eau de ces parages était chauffée de quelques degrés au-dessus de la normale.

Ainsi nous traversons un temps d'amélioration du climat polaire, ce qui est bien propice aux travaux de la seconde Année polaire internationale.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques propriétés des fonctions polyharmoniques en corrélation avec certaines propriétés des polynomes.* Note ([1]) de M. **N. Cioranesco**.

1. Si la fonction continue $f(x)$ satisfait à la relation

$$\int_a^b f(x)\,dx = 0,$$

il existe au moins un zéro de $f(x)$ dans (a, b). La détermination, pour certaines classes de fonctions, d'un intervalle concentrique (a', b') contenant un zéro de $f(x)$, a fait récemment l'objet de nombreuses recherches ([2]).

Le nombre $0 < \theta_m < 1$ indépendant de (a, b), défini par $b' - a' = \theta_m(b - a)$, s'appelle le coefficient de contraction de la classe de fonctions pour laquelle la proposition est valable. Certaines propriétés de moyennes des fonctions polyharmoniques, des équations aux dérivées partielles

$$\Delta(\Delta u) = \Delta^{(2)} u = 0, \qquad \Delta^{(3)} u = 0, \qquad \ldots,$$

Δu étant le laplacien de u, nous permettront d'étendre les résultats aux fonctions de plusieurs variables.

([1]) Séance du 20 juin 1932.

([2]) Nous nous contentons de citer ici les travaux de MM. Paul Montel, *Sur les zéros des dérivées des fonctions analytiques* (*Bulletin de la Soc. math. de France*, 58, 1931, p. 105); L. Tchakaloff, *Sur le théorème des accroissements finis* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 32).

2. Soit $f(M)$ une fonction à ν variables, définie dans un domaine D de l'espace E_ν. Désignons par $\mathfrak{M}_s[u(M); r]$ et $\mathfrak{M}_p[u(M); r]$ les moyennes spatiales et périphériques de $f(P)$, c'est-à-dire dans et sur l'hypersphère de centre M et de rayon r. Si la fonction $f(P)$ est analytique dans D, on peut montrer [1] facilement que l'on a

$$(1) \qquad \mathfrak{M}_s[f(M); r] = f(M) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{r^{2n}}{2^n n!(2+\nu)\ldots(2n+\nu)}(\Delta^{(n)} f)_M,$$

$$(2) \qquad \mathfrak{M}_p[f(M); r] = f(M) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{r^{2n}}{2^n n!\,\nu(2+\nu)\ldots(2n-2+\nu)}(\Delta^{(n)} f)_M.$$

Proposons-nous de trouver les fonctions U(M), analytiques dans D, qui satisfont pour tout M et $r \leqq \rho(M) > 0$, à l'équation fonctionnelle

$$(3) \qquad \mathfrak{M}_s[U(M); r] = k_1 U(M) + k_2 \mathfrak{M}_p[U(M); \lambda r].$$

A l'aide des formules (1) et (2) on arrive aux résultats suivants :

a. $k_1 + k_2 = 1$. Les solutions les plus générales sont les fonctions harmoniques. On obtient en particulier le théorème de Gauss, qui montre que si $\mathfrak{M}_s[U(M); R] = 0$, on a $U(M) = 0$ et par conséquent le coefficient de contraction est zéro pour ces fonctions.

b. $k_1 + k_2 = 1$; $\lambda^2 k_2 = \nu/\nu + 2$. Dans ce cas, les solutions les plus générales de l'équation (3) sont les fonctions biharmoniquet $\Delta^{(2)} U = 0$. Elles satisfont au théorème de la moyenne :

$$(3') \qquad (\nu+2)\lambda^2 \mathfrak{M}_s[u(M); r] = [(\nu+2)\lambda^2 - \nu]\, u(M) + \nu \mathfrak{M}_p[u(M); \lambda r],$$

quel que soit λ. En particulier, pour $\lambda = \lambda_0 = \sqrt{\nu/\nu + 2}$ ce théorème prend la forme

$$(3'') \qquad \mathfrak{M}_s[u(M); r] = \mathfrak{M}_p[u(M); \lambda_0 r],$$

qui montre que si $\mathfrak{M}_s[u(M); R] = 0$, alors $u(P)$ s'annule sur l'hypersphère de rayon $\lambda_0 R$. Pour $\nu = 1$, on en déduit de la relation $\mathfrak{M}_p[u(x), R/\sqrt{3}] = 0$ que les polynomes de degré $\leqq 3$ admettent le coefficient de contraction $1/\sqrt{3}$, résultat dû à M. D. Pompeiu.

c. $k_1 + k_2 = 1$; $\lambda^2 k^2 = \nu/\nu + 2$; $\lambda^4 k_2 = \nu/\nu + 4$. Si les trois constantes satisfont à ces relations, la solution la plus générale de (3) est donnée par

---

[1] N. Cioranesco, *Sur quelques valeurs moyennes des fonctions et leurs applications* (*Bulletin mathém. de la Soc. roumaine des Sc.*, 2e série, 31, 1929, p. 175).

les solutions de l'équation $\Delta^{(3)}u = 0$. Les fonctions triharmoniques satisfont au théorème de moyenne :

$$(3'') \quad (\nu+2)^2 \mathfrak{M}_s[u(M); r] = 4u(M) + \nu(\nu+4)\mathfrak{M}_p[u(M); \lambda_1 r] \quad \text{avec } \lambda_1 = \sqrt{\frac{\nu+2}{\nu+4}}.$$

On déduit facilement de cette relation que le coefficient de contraction pour les fonctions triharmoniques est $\sqrt{\nu+2/\nu+4}$.

3. Si l'on cherche les solutions analytiques de l'équation fonctionnelle plus générale :

$$(4) \qquad \mathfrak{M}_s[u(M); r] = k_1 u(M) + k_2 \mathfrak{M}_p[u(M); \lambda r] + k_3 \mathfrak{M}_p[u(M); \mu r],$$

on arrive aux résultats suivants :

a. $k_1 = 0$. On peut disposer des constantes k_2, k_3, λ, μ de manière que la solution la plus générale de l'équation (4) soit formée par les fonctions satisfaisant à $\Delta^{(4)}u = 0$. Les valeurs trouvées pour les constantes k_2, k_3 sont positives et celles de λ, μ sont

$$\lambda^2, \mu^2 = \frac{(\nu+2)(\nu+4) \pm 2\sqrt{2(\nu+2)(\nu+4)}}{(\nu+4)(\nu+6)},$$

ce qui donne immédiatement le coefficient de contraction pour ces fonctions.

b. On peut disposer des cinq constantes de manière que la solution la plus générale soit une fonction vérifiant $\Delta^{(5)}u = 0$. Les valeurs des constantes k_i sont positives, ce qui permet de déduire que le coefficient de contraction pour ces fonctions est

$$\theta_5^2 = \sqrt{\frac{(\nu+4)(\nu+6) + 2\sqrt{2(\nu+4)(\nu+6)}}{(\nu+6)(\nu+8)}}.$$

Pour $\nu = 1$, on retrouve les coefficients de contraction donnés par M. P. Montel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des polynomes trigonométriques*. Note (¹) de M. **L. Tchakaloff**, transmise par M. Émile Borel.

Envisageons l'ensemble $\mathcal{E}_m$ des polynomes trigonométriques réels d'ordre $\leqq m$,

$$f(x) = a_1 \cos x + b_1 \sin x + a_2 \cos 2x + b_2 \sin 2x + \ldots + a_m \cos mx + b_m \sin mx,$$

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

ne possédant pas de terme constant. Nous allons établir la proposition suivante :

Un polynome de l'ensemble $\mathcal{E}_m$ s'annule au moins une fois dans tout intervalle de longueur $2m\pi/m+1$; au contraire, à tout intervalle de longueur plus petite que $2m\pi/m+1$ correspond un polynome de l'ensemble $\mathcal{E}_m$ qui ne s'annule pas dans cet intervalle.

Évidemment il suffit de démontrer la proposition pour les intervalles dont le milieu coïncide avec le point $x=\pi$, puisque les polynomes de l'ensemble $\mathcal{E}_m$ ont la propriété de se reproduire par un changement de variable de la forme $x=x'+\alpha$.

1. Posons pour abréger

$$\alpha_k=\frac{(2k-1)\pi}{m+1} \qquad (k=1,\,2,\,\ldots,\,m+1),$$

et considérons la somme

$$\varphi(x)=\sum_{k=1}^{m+1} f(\alpha_k)\,\frac{1+\cos(m+1)x}{1-\cos(x-\alpha_k)}-(m+1)^2 f(x), \tag{1}$$

où $f(x)$ désigne un polynome trigonométrique quelconque d'ordre $\leqq m$. Je dis que $\varphi(x)$ représente un polynome de l'ensemble $\mathcal{E}_m$. Dans ce but je fais d'abord remarquer que

$$\frac{1+\cos(m+1)x}{1-\cos(x-\alpha_k)}=\frac{1-\cos(m+1)(x-\alpha_k)}{1-\cos(x-\alpha_k)}$$

représente un polynome trigonométrique d'ordre m qui s'annule pour tous les α_r, sauf pour $x=\alpha_k$ où le polynome prend la valeur $(m+1)^2$. Il s'ensuit que $\varphi(x)$ est un polynome trigonométrique d'ordre $\leqq m$, qui s'annule aux $m+1$ points $x=\alpha_1,\,\alpha_2,\,\ldots,\,\alpha_{m+1}$. En passant à la variable $u=e^{ix}$, $\varphi(x)$ se transforme en une fonction rationnelle de la forme $u^{-m}\mathrm{P}(u)$, où $\mathrm{P}(u)$ désigne un polynome algébrique de degré $\leqq 2m$ qui s'annule aux $m+1$ points $u=e^{i\alpha_k}$ $(k=1,\,\ldots,\,m+1)$. On a donc

$$\begin{aligned}
&\mathrm{P}(u)=(u^{m+1}+1)(c_0+c_1u+\ldots+c_{m-1}u^{m-1}),\\
&\varphi(x)=(u^{m+1}+1)(c_0u^{-m}+c_1u^{-m+1}+\ldots+c_{m-1}u^{-1}),
\end{aligned} \tag{2}$$

et la dernière forme de $\varphi(x)$ met bien en évidence que la seconde partie de (2) n'a pas de terme indépendant de $u=e^{ix}$, ce qu'il fallait démontrer.

Supposons maintenant que $f(x)$ appartient à l'ensemble $\mathcal{E}_m$ et inté-

grons (1) de o à 2π. On obtient

$$\sum_{k=1}^{m+1} f(\alpha_k) \int_0^{2\pi} \frac{1+\cos(m+1)x}{1-\cos(x-\alpha_k)}\, dx = 0.$$

Si les $m+1$ quantités réelles $f(\alpha_k)$ ne sont pas toutes nulles, la dernière équation montre que, parmi ces quantités, il y en a deux de signes contraires. Le polynome $f(x)$ s'annule donc au moins une fois dans l'intervalle (α_1, α_{m+1}) dont la longueur est $2m\pi/m+1$. Pour $m>1$, on peut même affirmer que, si $f(x)$ n'est pas identiquement nul, il possède au moins un zéro d'ordre impair à l'intérieur du même intervalle.

2. Soit $[\pi/(m+1)+\delta,\ (2m+1)\pi/(m+1)-\delta]$ un intervalle de longueur $<2m\pi/m+1$. Je dis qu'on peut trouver un nombre positif ε et un nombre correspondant $\alpha=\alpha(\varepsilon)$, de sorte que le cosinus polynome d'ordre m

$$g(x)=(\cos x-\alpha)\left\{\varepsilon+\frac{1+\cos(m+1)x}{\left(\cos x-\cos\dfrac{\pi}{m+1}\right)^2}\right\}$$

ne possède pas de terme constant et ne devienne pas nul dans cet intervalle. En tenant compte du fait que le polynome trigonométrique

$$\frac{1+\cos(m+1)x}{\cos x-\cos\dfrac{\pi}{m+1}}$$

appartient à $\mathcal{E}_m$, la condition $\int_0^{2\pi} g(x)\,dx=0$ nous donne, après quelques réductions faciles, l'équation linéaire par rapport à α :

$$\left(\cos\frac{\pi}{m+1}-\alpha\right)\int_0^{2\pi}\frac{1+\cos(m+1)x}{\left(\cos x-\cos\dfrac{\pi}{m+1}\right)^2}\,dx-2\pi\alpha\varepsilon=0.$$

On en déduit immédiatement que α tend vers $\cos\pi/m+1$ pour $\varepsilon\to 0$ et que, ε étant suffisamment petit, $\cos x-\alpha$ ne peut pas s'annuler dans l'intervalle $[\pi/(m+1)+\delta,\ (2m+1)\pi/(m+1)-\delta]$.

3. On peut énoncer le résultat ci-dessus sous la forme suivante :

Un polynome trigonométrique d'ordre $m>1$, et à coefficients réels, ne peut pas représenter une fonction monotone dans un intervalle de longueur $\geqq 2m\pi/m+1$. En effet, dans le cas contraire, la dérivée d'un tel polynome ne pourrait pas avoir un zéro d'ordre impair dans le même intervalle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le groupe d'automorphie de certaines fonctions entières.* Note de M. F. **Marty**, présentée par M. Hadamard.

Je me propose de construire des fonctions entières dont le groupe d'automorphie se compose uniquement de fonctions algébriques cycliques ([1]). D'une manière plus précise, je montrerai que :

Théorème. — *Étant donnée la suite de polynomes*

$$P_0(z),\quad P_1(z),\quad \ldots,\quad P_n(z),\quad \ldots$$

et la suite des polynomes

$$\begin{aligned} \Pi_1(z) &= P_1[P_1(z)],\\ \Pi_2(z) &= P_2[\Pi_1(z)],\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\ \Pi_n(z) &= P_n[\Pi_n(z)],\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned}$$

si la suite des polynomes $\Pi_n(z)$ *converge uniformément dans tout le plan vers une fonction entière* $\Pi(z)$, *la fonction* Π *admet uniquement pour fonctions d'automorphie les fonctions d'automorphie des* Π_n.

Il est d'ailleurs facile de construire des suites Π_n convergentes. Prenons, par exemple,

$$P_n(z) = z + \lambda_n z^2,$$

les λ_n étant des nombres positifs à déterminer ultérieurement.

Le polynome Π_n a pour degré 2^{n+1}; il commence par z; le coefficient $a_{n+1}^{(p)}$ du terme en z^p dans Π_{n+1} est de la forme

$$a_{n+1}^{(p)} = a_n^{(p)} + \lambda_{n+1}\,\varpi_{n+1}^{(p)}(\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_n),$$

où les $\varpi_{n+1}^{(p)}$ sont des polynomes en λ_i à coefficients positifs. Si la suite des λ est telle que la série de terme général

$$u_{n+1}^{(p)} = \lambda_{n+1}\,\varpi_{n+1}^{(p)}(\lambda_0, \lambda_1, \lambda_n)$$

soit convergente, on ne modifie pas la convergence de cette série en diminuant les modules de certains des nombres λ. Nous pourrons donc déter-

([1]) Cf. F. Marty, *Sur l'itération de certaines fonctions algébriques* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1317. Voir aussi T. Shimizu, *On the Fundamental Domains* (*Jap. Journ. of Math.*, 8, 1931, p. 175).

miner une suite de λ positifs tels que toutes ces séries soient convergentes et aient une somme non nulle. La suite des Π_n convergera donc formellement vers un développement de Mac Laurin de la forme

$$z + \alpha_2 z^2 + a_3 z^3 + \ldots,$$

les a_i étant des nombres positifs.

Supposons que ce développement ne représente pas une fonction entière et soit

$$f(z) = z + b_2 z^2 + b_n z^n + \ldots$$

une fonction entière à coefficients positifs. Il est possible de multiplier chaque λ_i par un facteur positif inférieur à l'unité tel que le développement limite des Π_n ait ses coefficients inférieurs aux coefficients de $f(z)$. En effet a_n est la somme d'une série à termes tous positifs dont les termes sont des monomes en λ_i. Mais si n est supérieur à 2^{p+1}, tous ces monomes ont en facteur un λ_i au moins d'indice supérieur à λ_p. En multipliant tous les λ_i d'indice supérieur à p par un ε convenable, on peut donc réaliser les inégalités en nombre fini :

$$a_n < b_n \qquad \text{avec} \qquad 2^{p+1} \leqq n \leqq 2^{p+2}.$$

Les $p + 1$ premiers λ_i étant ainsi déterminés, on diminuera les suivants pour réaliser les inégalités

$$a_n < b_n \qquad \text{avec} \qquad 2^{p+2} \leqq n \leqq 2^{p+3},$$

et ainsi de suite.

Nous pouvons donc supposer que les Π_n convergent formellement vers le développement de Mac Laurin d'une fonction entière $f(z)$ qui les majore. Les Π_n convergent alors uniformément vers la fonction entière $\Pi(z)$.

Soient z_1 et z_2 deux points tels que l'on ait

$$\Pi_n(z_2) = \Pi_n(z_1),$$

on en déduit, quel que soit p :

$$\Pi_{n+p}(z_2) = \Pi_{n+p}(z_1),$$

donc à la limite

$$\Pi(z_2) = \Pi(z_1).$$

Réciproquement, soient z_2 et z_1 deux points tels que l'on ait

$$\Pi(z_2) = \Pi(z_1).$$

Traçons un petit cercle (γ) de centre z_2 et de rayon ρ dans lequel $\Pi(z)$

ne reprend pas la valeur $\Pi(z_2)$. Si ε est assez petit et si l'on a $n > N(\varepsilon)$, $\Pi_n(z)$ prendra dans (γ) toute valeur différant de moins de ε de $\Pi(z)$. Si $n > N_1(\varepsilon)$, on a

$$|\Pi(z) - \Pi_n(z_1)| < \varepsilon.$$

Si donc $n > \operatorname{Max}[N(\varepsilon), N_1(\varepsilon)]$, il existe dans (γ) un point z'_2 tel que

$$\Pi_n(z'_2) = \Pi_n(z_1).$$

Donc on a

$$\Pi(z'_2) = \Pi(z_1)$$

et par suite

$$z'_2 = z_2.$$

Le groupe d'automorphie de Π se compose donc bien exclusivement des fonctions d'automorphie de Π_n. Les fonctions Π de cette classe ont d'ailleurs une série de propriétés curieuses sur lesquelles je reviendrai dans un Mémoire ultérieur.

OPTIQUE. — *Sur l'effet Raman dans les solutions salines.* Note (¹) de MM. **A. Silveira** et **E. Bauer**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note antérieure (²) l'un de nous a signalé deux raies Raman nouvelles qui s'observent dans les solutions saturées de $MgCl^2$ et de $Mg(NO^3)^2$. Nous avons continué à nous servir de la méthode indiquée dans cette Note pour l'étude d'autres solutions et voici les résultats obtenus jusqu'à présent exprimés en nombre d'ondes par centimètre :

$MgCl^2$.....	–	376	(Bde. de 350 à 785 cm^{-1})					–	1652	–	–
$CaCl^2$......	–	–	–	–	–	–	–	–	1651	–	–
$SrCl^2$......	–	–	–	–	–	–	–	–	1650	–	–
$CdCl^2$......	243	–	–	–	–	–	–	–	1648	–	–
LiCl.......	–	–	–	–	–	–	–	–	1658	1762	1811
HCl.......	–	–	–	–	–	–	–	–	1652	–	–
$Mg(ClO^3)^2$.	–	376?	533	604	–	930	–	–	?	–	–
$Mg(NO^3)^2$..	–	376	(Bde.)	–	717	–	1052	1346–1427	1655	–	1811
$Ca(NO^3)^2$..	–	–	–	–	717–742	–	1052	1346–1439	1659	–	1811
H^2O.......	–	–	–	–	–	–	–	–	1650	–	–

1° Il résulte avec évidence de notre tableau que la fréquence

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

(²) A. Silveira, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1336.

$\Delta\nu \sim 1654$ cm^{-1} ne peut pas être attribuée à la formation d'hydrates d'ions de structure moléculaire définie. D'ailleurs, en faisant une pose de 75 heures au lieu de 24 heures, nous avons pu obtenir dans de l'eau pure des traces d'une bande dans la même région.

Dans $MgCl^2$ le microphotomètre a montré (*fig.* 2) que cette fréquence

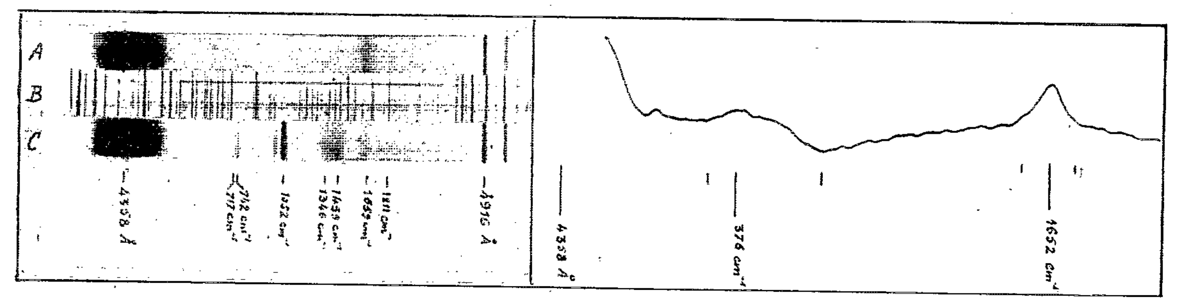


Fig. 1. — A : $MgCl^2$; B : fer; C : $Mg(NO^3)^2$.

Fig. 2. — Microphotogramme du $MgCl^2$.

est triple avec un maximum central très net et deux maxima secondaires symétriquement placés à environ 2,5 Å du centre. Cette structure ressemble beaucoup à celle de la bande infrarouge de l'eau de 6,26 μ (1600 cm^{-1}). Dans les autres chlorures, l'aspect est plutôt celui d'une bande diffuse moins intense couvrant sensiblement le même intervalle (≤ 10 Å $= 46$ cm^{-1}). Dans les nitrates étudiés cette fréquence est un peu plus grande $\Delta\nu \sim 1657$ cm^{-1} et plus étroite.

D'après cet ensemble de faits, il paraît raisonnable de la considérer comme une fréquence de la molécule d'eau qui, pour des raisons de symétrie, serait très peu active dans l'effet Raman du liquide pur, mais dont l'activité serait exaltée par le champ électrostatique des cations. Elle correspondrait à la fréquence d'absorption infrarouge de 1600 cm^{-1}.

Il est facile d'imaginer un mécanisme, analogue à celui de l'effet Stark, expliquant le renforcement de cette fréquence; nous le préciserons ailleurs dans un article d'ensemble.

Nous avons constaté, sans pouvoir faire de photométrie précise, par suite de l'altération rapide de la quinine, que la fréquence $\Delta\nu \sim 1654$ cm^{-1} et ses compagnes, lorsqu'elles existent, diminuent rapidement l'intensité et s'élargissent quand la dilution augmente. Une élévation de température jusqu'à 70° C. ne semble pas les modifier sensiblement. Leur absence ou leur faible intensité dans $Mg(ClO^3)^2$ semble être un fait particulier au chlorate. Quant à la fréquence $\Delta\nu = 243$ cm^{-1} des solutions de $CdCl^2$, elle

paraît bien manifester l'existence de molécules non dissociées où d'ions complexes du type $CdCl^3$. Pour les fréquences $\Delta\nu = 1811\,cm^{-1}$ et la raie très fine et très faible $\Delta\nu = 1762\,cm^{-1}$, nous n'avons pas d'explication pour le moment. Nous réservons également l'interprétation de la raie $\Delta\nu = 376\,cm^{-1}$ de sels de Mg. Pourtant on remarquera sur le spectre de $MgCl^2$ et sur le microphotogramme une large bande voisine de cette raie, qui s'étend vers la droite, paraît double et couvre une étendue d'environ 85 Å. Peut-être cet ensemble est-il le spectre d'hydrate de l'ion Mg^{++} qui formerait un édifice purement statistique.

2° Les raies des nitrates et du chlorate sont connues sauf $\Delta\nu = 1811\,cm^{-1}$, mais on n'avait jamais observé le dédoublement, tout à fait net, des deux fréquences dégénérées de l'ion NO^{3-}. Cette dégénérescence est détruite en solution des sels de Ca et Mg, des premiers surtout (*fig.* 1). L'ion NO^{3-} perd sa symétrie parfaite, ce qui paraît dû à une perturbation par les molécules d'eau, mais le cation semble jouer un rôle. Un fait analogue a été signalé pour l'ion CO^{3-} *dans le spectre d'absorption infrarouge* de certains carbonates ([1]).

3° Nos observations permettent de donner une interprétation partielle des résultats de Gerlach sur les changements de la bande de l'eau par l'addition de sels ([2]). Nous avons fait d'ailleurs des expériences sans filtre pour confirmer notre interprétation : dans les chlorures, on peut dire que la bande de l'eau devient simple, comme l'a indiqué Gerlach pour LiCl et $CaCl^2$; la raie nouvelle $\Delta\nu \sim 1654\,cm^{-1}$ des chlorures coïncide avec le maximum de la bande de l'eau excitée par 4046 Å et produit un accroissement apparent de son intensité. Dans $CdCl^2$ notre bande étant plus faible, l'intensité du maximum reste constante. Dans les nitrates, nous trouvons comme Gerlach un fort déplacement vers le rouge du maximum $3415\,cm^{-1}$ de la bande de l'eau, mais le maximum secondaire qu'il a observé à 10 Å du premier (nous trouvons 15 Å environ) n'est pas autre chose que la fréquence $\Delta\nu \sim 1654\,cm^{-1}$, qui n'a aucun rapport avec la bande $\Delta\nu = 3415\,cm^{-1}$. Quant au déplacement vers le rouge il paraît dû à un couplage particulier entre l'ion NO^{3-} et les molécules H^2O qui, ainsi que nous l'avons vu, serait également responsable du dédoublement des raies dégénérées de NO^{3-}.

([1]) Cf. PLACZEK, *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 103.
([2]) W. GERLACH, *Zeit. f. Phys.*, 31, 1930, p. 695.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Dispositif sensitométrique à lentille cylindrique et diaphragme profilé.* Note [1] de MM. **Duffieux** et **Léon Grillet**, présentée par M. Ch. Fabry.

Plusieurs auteurs (Callier, *Congrès international de Photographie de Bruxelles*, 1910, p. 44; *Photo-Journal*, 1914, p. 248; Oran. H. Miller, *Science et Industrie photographique*, 2e série, 1932, p. 81) ont décrit des dispositifs sensitométriques comportant une ou plusieurs lentilles cylindriques et un diaphragme profilé. Ces systèmes optiques sont généralement utilisés comme condenseurs projetant sur la fente d'un spectrographe des plages dont les éclairements sont dans des rapports connus. Le montage que nous décrivons permet d'adapter rapidement la plupart des spectrographes à des mesures de sensitométrie ou de spectrophotométrie photographique par simple addition d'un diaphragme profilé et d'une lentille cylindrique convergente.

Le diaphragme profilé est placé entre le système dispersif et l'objectif de la chambre photographique. La lentille cylindrique est disposée à l'intérieur de la chambre photographique, entre l'objectif et la plaque. Ses génératrices sont orientées perpendiculairement à l'arête du prisme et aux raies spectrales. Si l'on considère les rayons lumineux contenus dans des plans perpendiculaires aux génératrices, la lentille cylindrique projette sur la plaque photographique l'image du diaphragme profilé. L'addition du diaphragme profilé et de la lentille cylindrique modifie uniquement la longueur des raies et la répartition du flux lumineux le long des raies. La longueur des raies ne dépend que de la hauteur du diaphragme profilé et de la convergence de la lentille cylindrique. L'éclairement en un point d'une raie est proportionnel à la largeur du diaphragme mesurée le long de la droite conjuguée de ce point à travers la lentille cylindrique.

Un calcul simple montre que, dans le cas où le collimateur du spectrographe est achromatique et où l'objectif de la chambre et la lentille cylindrique sont de même type, cette dernière doit être placée parallèlement à la plaque. La lentille cylindrique ne donnant plus de bonnes images dès que son inclinaison sur les faisceaux dépasse quelques degrés, le dispositif décrit ne peut être utilisé qu'avec un spectrographe à spectre perpendicu-

[1] Séance du 6 juin 1932.

laire à l'axe optique, ou faiblement incliné. La lentille cylindrique peut alors être une lentille simple.

Nous avons réalisé ce montage sur un spectrographe composé d'un collimateur à miroir, de deux prismes de quartz et d'un objectif de 140^{cm} de foyer. L'interposition de la lentille cylindrique altère un peu la finesse des raies. Sauf le cas de lentilles cylindriques de taille excellente, ce montage n'est évidemment acceptable que si l'on peut donner à la fente une largeur notable. Nous utilisons un diaphragme de forme classique présentant une série de gradins rectangulaires de largeurs croissantes dont le plus étroit a $1^{mm},5$. En une seule pose la plaque enregistre une série de spectres dont les éclairements croissent en première approximation comme les largeurs des gradins.

Ce dispositif sensitométrique nous paraît présenter certains avantages.

1° La proximité du diaphragme et des prismes permet d'effectuer avec une précision suffisante les corrections que rendent nécessaires les différences dans l'absorption subie par les rayons ayant traversé des épaisseurs inégales de la substance des prismes.

2° La longueur est indépendante de la hauteur de la fente du spectrographe, mais l'éclairement en chacun des points d'une raie reste proportionnel au flux lumineux total à travers la fente. En plaçant devant elle un écran absorbant, ou en réduisant par une cache sa hauteur utile, on peut diminuer l'éclairement général du spectre tout en respectant dans chacune des raies les rapports d'éclairement des plages photométriques. Dans le cas où l'éclairement de la fente est uniforme, l'emploi d'un diaphragme fournit un procédé supplémentaire précis et non sélectif de réduction des éclairements dans un rapport connu.

3° Notre dispositif permet l'enregistrement simultané sur une même plaqne de plusieurs spectres gradués ou non gradués. En effet, son emploi correct exige que le système dispersif reçoive un éclairement uniforme. Le montage optique complet comprend donc obligatoirement en avant de la fente :

— Un condenseur projetant sur la fente l'image de la source;

— Une lentille de champ placée sur la fente et conjuguant le diaphragme profilé et la pupille du condenseur.

Lorsque l'appareil dispersif possède une ouverture suffisante, il est possible de superposer devant elle plusieurs diaphragmes profilés ou rectangulaires. Chacun d'eux correspond à une aire déterminée du condenseur. Pour enregistrer simultanément plusieurs spectres provenant de sources diffé-

rentes, il suffit de placer derrière le condenseur des prismes à réflexion totale permettant la projection simultanée sur la fente des sources à comparer.

Il n'est pas nécessaire que les images de ces sources soient superposées : elles peuvent se former isolément en des points quelconques de la fente. Il est alors possible de réduire les flux lumineux utiles de chacune d'elles suivant les lois connues différentes. Cette particularité présente des avantages en spectrophotométrie photographique, car elle permet facilement les graduations par poses égales et simultanées même dans le cas de sources d'éclats très différents.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'oxydation photochimique des solutions aqueuses d'ammoniaque.* Note [1] de M. **Léon Gion**, transmise par M. Le Chatelier.

L'oxydation photochimique de l'ammoniaque a déjà fait l'objet d'études qualitatives. Berthelot et Gaudechon [2] ont établi qu'il se forme du nitrite d'ammonium [3] et pas de nitrate; ils ont signalé de plus que le nitrite d'ammonium se décompose photochimiquement. Je me suis proposé de reprendre cette étude dans le but de préciser l'ordre de grandeur des phénomènes.

Toutes les expériences ont été conduites dans les conditions suivantes : 50^{cm^3} de solution ammoniacale à 4 pour 100 étaient placés dans un ballon de quartz à 20^{cm} d'une lampe à vapeur de mercure sous 220 volts (température 40°). Les dosages ont été faits simultanément au permanganate de potassium (précision 5 pour 100) et par colorimétrie (méthode de Griess). Les résultats obtenus sont les suivants :

Nombre d'heures..........	1	18	25	42	47	66
mg au litre N^2O^3..........	0	22	28	34	34	34

(Moyennes de 5 dosages.)

Il existe donc une limite à la concentration en nitrite d'ammonium. Or ce dernier se décompose lui-même photochimiquement. Les expériences quantitatives suivantes le prouvent nettement :

(1) Séance du 1er août 1932.

(2) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 522.

(3) Il est difficile de distinguer de petites quantités de nitrite et d'hydroxylamine. Un doute subsiste sur ce point.

Nature du récipient.	Titre avant exposition.	Titre après exposition (50 heures) observé par dosage MnO^4K.	calculé d'après la mesure du dégagement d'azote.
Quartz	0,033	0,019	0,020
Pyrex	0,086	0,078	0,077
Verre	0,105	0,082	0,080

Alors que l'oxydation de l'ammoniaque ne se produit que dans le quartz, la décomposition du nitrite se fait sous l'action de la majeure partie des radiations de la lampe à mercure. Ces résultats expliquent l'arrêt apparent de l'oxydation.

Je me suis proposé d'étudier le mécanisme de cette oxydation. Il n'y a pas lieu d'envisager la production éventuelle d'eau oxygénée par photolyse de l'eau ([1]). En effet, des solutions ammoniacales éclairées en l'absence d'oxygène ne s'oxydent pas. L'hypothèse la plus simple, et que plusieurs faits justifient, consiste à admettre la formation photochimique d'ozone dans l'atmosphère des récipients. On peut en effet oxyder de l'ammoniaque non éclairée par de l'oxygène éclairé dans un ballon de quartz refroidi. De plus, si l'on expose quelques secondes à l'ultraviolet un ballon de quartz refroidi contenant de l'air et quelques centimètres cubes de solution ammoniacale on voit se former dans l'atmosphère du ballon des fumées blanches tout à fait comparables aux fumées qu'on observe en faisant arriver de l'oxygène ozonisé par la lampe à ultraviolet dans un récipient non éclairé contenant des vapeurs ammoniacales. Si l'on continue à éclairer, ces fumées disparaissent, mais si l'on agite le ballon après avoir masqué la source d'ultraviolet, elles réapparaissent.

On peut supposer que la lumière détruit au bout d'un certain temps les fumées formées et que l'ozone restant dans le ballon est capable d'oxyder une nouvelle quantité de vapeur ammoniacale par simple réaction chimique. Si l'on entraîne ces fumées par un courant d'ammoniaque pour les dissoudre dans l'eau pure, on peut déceler dans cette eau la présence de nitrite ([2]).

L'action de la température confirme l'hypothèse d'une ozonisation de l'oxygène, car l'oxydation de l'ammoniaque est plus poussée si l'on abaisse

([1]) A. Tian, *Thèse de Doctorat*, Barlatier, Marseille, 1915.

([2]) La lumière ultraviolette transforme les nitrates en nitrites (M. Lombard, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 227-229), il ne peut donc se faire de nitrate en présence de lumière.

la température (50$^{cm^3}$ de solution ammoniacale à 4 pour 100, exposés 90 heures à 15°, contiennent 49^{mg} au litre de N^2O^3, et, à 40°, contiennent 32^{mg} au litre de N^2O^3).

Enfin Gopala Rao et Dhar ([1]) ont remarqué que l'oxyde de zinc et l'oxyde de titane sont de bons sensibilisateurs pour l'oxydation photochimique de l'ammoniaque; de fait, en opérant dans les mêmes conditions que pour les expériences précédentes, et en ajoutant 2^g de sensibilisateur, j'ai obtenu les résultats suivants :

Avec l'oxyde de zinc en	15 heures	71,5 mg	N^2O^3 au litre
»	39 heures	154,0	»
Avec l'oxyde de titane,	15 heures	96,0	»

(Moyennes de 5 dosages.)

Or Winther ([2]) a précisément montré que l'oxyde de zinc sensibilise la transformation d'oxygène en ozone.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le sulfate double d'aluminium et de sodium.* Note ([3]) de MM. **Astruc** et **Mousseron**, transmise par M. Delépine.

L'existence de l'alun de sodium a été souvent niée par divers auteurs; nous nous sommes attachés dans cette étude à montrer que ce sel double prenait naissance et demeurait stable dans des conditions bien définies.

L'alun de sodium est préparé selon le procédé de G. Mousseron, exposé par Augé ([4]), en mélangeant des quantités équimoléculaires de sulfate d'aluminium et de sulfate de sodium et abandonnant à cristallisation à 15° la solution suffisamment concentrée (40° B^é à l'ébullition). Le sulfate double d'aluminium et de sodium peut se scinder selon la réaction :

$$(SO^4)^3Al^2, SO^4Na^2, 24H^2O + 4H^2O \rightleftharpoons (SO^4)^3Al^2, 18H^2O + SO^4Na^2, 10H^2O.$$

Il nous a paru intéressant de déterminer le point de transition pour lequel on a en équilibre les corps constituants et le sel double, le système étant alors monovariant, en appliquant diverses méthodes.

I. *Examen dilatométrique d'un mélange équimoléculaire de sulfate d'aluminium et de sulfate de sodium.* — La transformation du mélange des deux

([1]) *The chemical action of light*, Blackie and Son limited, London, Glasgow, 1931.

([2]) *Z. wiss. Phot.*, **21**, 1921, p. 45.

([3]) Séance du 1er août 1932.

([4]) *Comptes rendus*, **110**, 1890, p. 1139.

constituants en sel double, pouvant être accompagnée d'un changement d'état avec variation de volume, nous avons déterminé cette modification au moyen du dilatomètre, qui a marqué une transformation vers 10-11° : l'alun de sodium semble donc exister au-dessus de cette température.

II. *Étude des densités et des viscosités des solutions saturées d'alun de sodium à diverses températures.* — Voici les résultats obtenus :

T.....	5°.	10°.	12°.	15°.	25°.	35°.	38°.	39°.	40°.	45°.
d_{15}...	1,279	1,295	1,299	1,303	1,313	1,336	1,351	1,352	1,350	1,317
η_{15}...	0,104	0,111	0,114	0,120	0,142	0,177	0,217	0,272	0,270	0,155

D'après ces chiffres, nous voyons que la densité et la viscosité passent par un maximum situé à 39°, et qu'à partir de cette température elles décroissent rapidement. S'il est facile de trouver le point de transition de 39°, il est par contre plus difficile de saisir celui de 10-11°, cependant on le perçoit en traçant la courbe des densités.

III. *Variation de la composition des solutions saturées d'alun de sodium.* — L'examen dilatométrique et la détermination des densités et viscosités des solutions saturées nous ayant fourni deux points de transition, nous les avons vérifiés en établissant la composition des solutions saturées à diverses températures et exprimant les résultats en alun, Na^+ et SO^{4--}.

T.........	0°.	5°.	10°.	12°.	18°.	35°.	38°.	40°.	45°.
Alun/SO^4....	2,77	2,71	2,58	2,41	2,40	2,39	2,41	2,43	2,55
Alun/Na.....	31,44	29,76	21,74	20,02	19,92	19,92	20,00	20,34	21,28

Dans l'alun normal, Alun/SO^4 = 2,38 et Alun/Na = 19,92.

Ces diverses valeurs prouvent que dans l'intervalle de température compris entre 11 et 39°, le sel double correspond à l'individualité chimique $(SO^4)^3Al^2$, SO^4Na^2, $24H^2O$, tandis qu'au-dessous de 11° et au-dessus de 39° on ne possède qu'un mélange des constituants. Or nous savons qu'à partir de 32°,4, les solutions saturées de SO^4Na^2, $10H^2O$ se décomposent en sulfate de sodium anhydre; nous pouvons donc établir les équations qui traduisent le phénomène de dissociation de l'alun de sodium :

$$(SO^4)^3Al^2,\ 18H^2O + SO^4Na^2,\ 10H^2O \xrightarrow{11^\circ} (SO^4)^3Al^2,\ SO^4Na^2,\ 24H^2O + 4H^2O,$$
$$(SO^4)^3Al^2,\ SO^4Na^2,\ 24H^2O \xrightarrow{39^\circ} (SO^4)^3Al^2,\ 18H^2O + SO^4Na^2\ \text{anhy.} + 6H^2O.$$

IV. *Isothermes de solubilité des mélanges de* $(SO^4)^3Al^2$, $18H^2O$ *et* SO^4Na^2, $10H^2O$. — Pour prouver nettement que le sulfate double d'aluminium et de sodium prend naissance dans un intervalle de température compris entre

11 et 39°, nous avons déterminé la solubilité de divers mélanges de sulfate d'aluminium et de sulfate de sodium cristallisés en calculant en fonction du pour-cent de sulfate d'aluminium, le nombre de grammes d'eau qui dissolvent 100^g de mélange. Le tracé d'isothermes a été établi pour les températures de 5, 18, 42°, et pour des mélanges des deux sels contenant 100, 80, 70, ..., 0 pour 100 $(SO^4)^3Al^2, 18H^2O$.

$(SO^4)^3Al^2, 18H^2O$ pour 100.	Parties H^2O pour dissoudre 100^g de mélange à		
	5°.	18°.	42° (¹).
100	108,6	96,7	58,8
80	117,4	109	79,4
70	127,5	126,8	98,5
60	136,8	123,2	112
50	149,6	127,9	124,8
40	164,7	138,6	138,9
30	189	154,8	155
20	215,9	149,9	174,5
0	588	206,6	206,3

Ce tableau de nombres montre que les variations sont régulières pour les solubilités correspondant aux températures de 5 et 42°, tandis qu'il n'en est pas de même pour l'isotherme 18°; en effet, en portant en abscisses les $(SO^4)^3Al^2, 18H^2O$ pour 100 contenus dans les divers mélanges et en ordonnées le poids d'eau qui a dissous 100^g du mélange, on voit s'interposer entre deux fragments de courbe appartenant l'un au sulfate d'aluminium, l'autre au sulfate de sodium, une troisième branche de courbe relative à un *sel double*.

L'existence de l'alun de sodium est donc nettement prouvée, mais il n'est un véritable sel double qu'entre 11 et 39°; au delà de ces deux températures de transition, on n'a plus un alun normal, mais un mélange de deux constituants en proportion non définie.

(¹) Le sulfate de sodium étant anhydre à 42°, les résultats sont exprimés en SO^4Na^2 anhydre.

HYDROLOGIE. — *Régime des sels dissous dans les eaux des rivières de la région de Damas.* Note (¹) de M. V. **Frolow**.

La salinité des eaux dans la région de Damas a été observée (*fig.* 1) à Hamé sur le Barada, à Oum Cheratite sur le Nahr el Aouadj et à Bétima sur le Cébarani, un des affluents de l'Aouadj. Les observations corres-

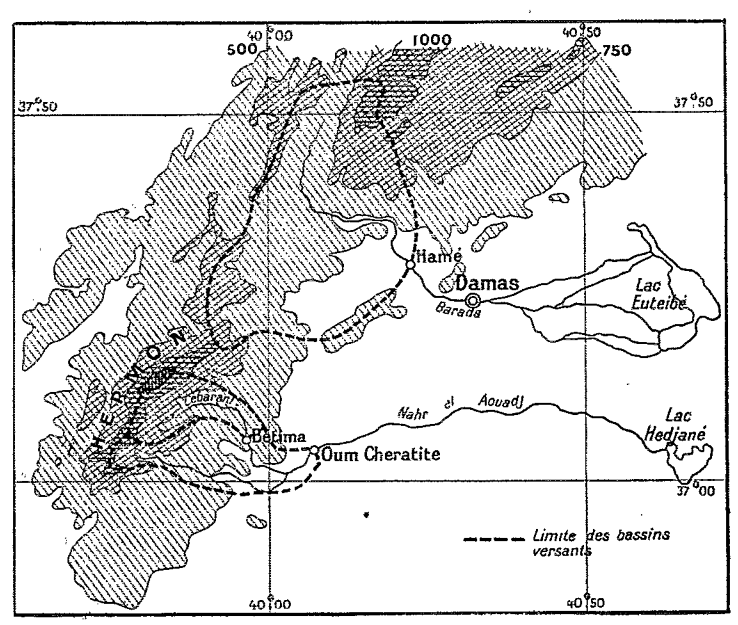


Fig. 1.

pondent aux périodes d'absence de ruissellement et se rapportent ainsi aux eaux souterraines. Elles donnent lieu aux graphiques (*fig.* 2) présentant les mêmes caractères généraux pour les trois cours d'eau. La proportion des sels dissous passe par un minimum au printemps, croît ensuite avec la température et atteint un maximum au début des pluies. L'eau du Barada est la moins chargée en sel et le Cébarani en a la teneur la plus forte.

Les minima des trois rivières sont différentes. Il y a donc différence entre les réserves les alimentant. A moins d'existence d'une séparation géologique non encore signalée et d'ailleurs peu probable, il faut admettre que la

(¹) Séance du 25 juillet 1932.

discontinuité des réserves d'eau souterraine est due à la faiblesse générale des pluies.

Les observations révèlent l'existence d'une seule crue de salinité dans

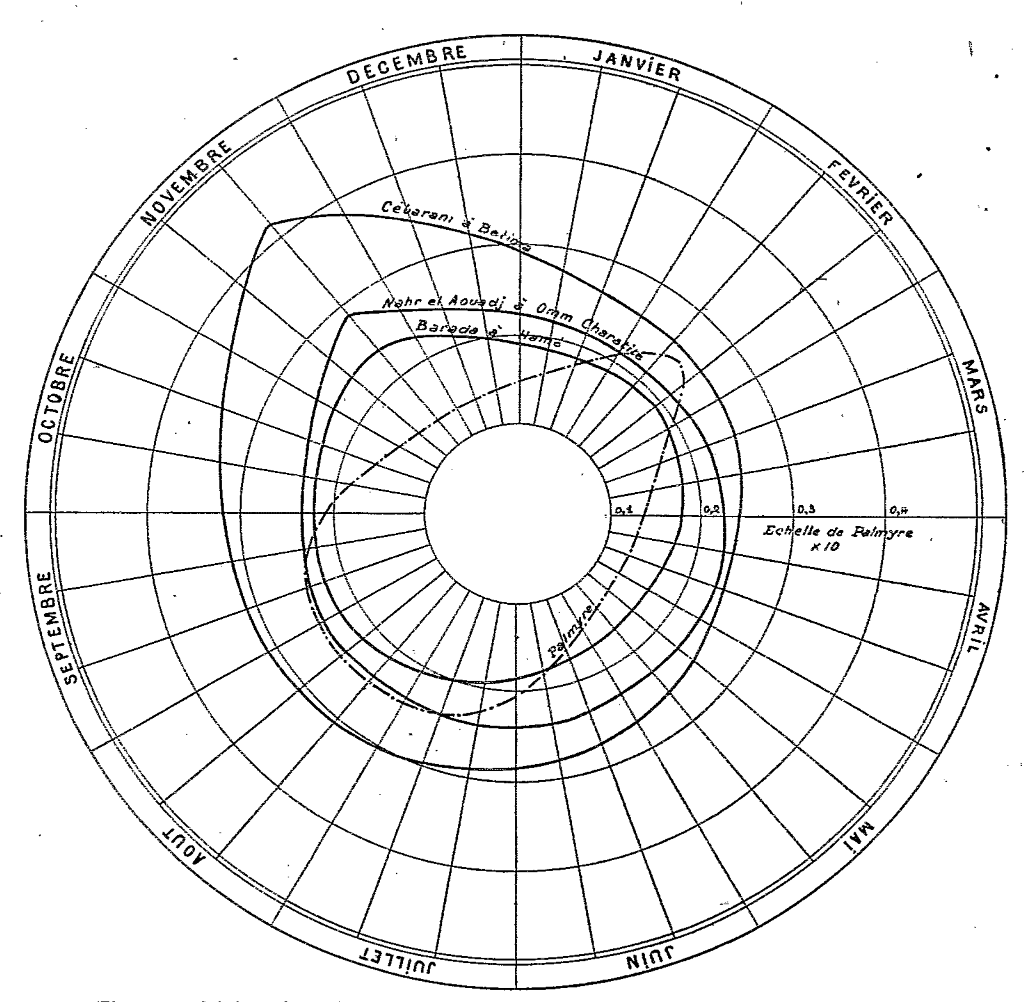


Fig. 2. — Régime des sels dissous dans les eaux des rivières de la région de Damas.

l'année, mais on doit noter qu'elle commence avant l'arrivée des pluies, à la même époque que la crue due à la température à Palmyre (*Comptes rendus*, 13 juin 1932). Les deux crues, thermique et pluviale, se chevauchent à Damas.

Par rapport à Palmyre, la crue pluviale a une avance. Le maximum dans la région de Damas se produit, pour les trois cours d'eau, vers le

20 novembre, tandis que les eaux souterraines de Palmyre l'accusent en février seulement. L'effet du drainage à Damas est donc plus rapidement sensible. Il faut en conclure que la perméabilité des massifs de l'Hermon et de l'Anti-Liban, dans son voisinage, est plus grande que celle des plaines et montagnes alimentant Palmyre. Mais c'est grâce à la séparation des variations de salinité dues aux pluies et aux conditions thermiques à Palmyre que les graphiques de Damas deviennent intelligibles et permettent la conclusion précédente sur la perméabilité. Les données de Damas permettent aussi la constatation de l'absence d'influence de la fonte des neiges (à partir du mois de mars) sur la teneur en sels dissous. La pluie entraîne les sels préparés par la saison chaude précédente. La neige, peu abondante d'ailleurs, s'accumule sur un sol nettoyé et sa fonte est assez progressive pour permettre un mélange des eaux de la réserve souterraine et de l'apport nouveau, en sorte que la proportion des sels dissous reste sensiblement constante.

La séance est levée à $15^h 10^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 AOUT 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Quelques observations sur la floculation des suspensions de* myxoprotéine *par les électrolytes.* Note (¹) de MM. **Charles Achard** et **Ho-dac-an.**

Dans ses récents travaux sur les protéines du sérum, M. Piettre a isolé une protéine spéciale qu'il a appelée *myxoprotéine*, et dont l'étude physico-chimique a été à peine ébauchée.

En solution dans l'eau ainsi que dans divers électrolytes, cette substance présente les principaux caractères des sols colloïdaux.

On sait qu'elle se sépare de la sérum-albumine par des précipitations successives à 0°, à l'aide de l'acétone. On obtient ainsi des fractions de substance ayant des propriétés physiques un peu différentes et aussi, comme l'a remarqué M. Piettre, de très petites variations dans leur teneur en azote.

Nous nous sommes tout d'abord proposés d'étudier, d'après les techniques physico-chimiques de M. Boutaric, l'action floculante de divers électrolytes sur des échantillons moyens de cette substance.

I. Nous avons opéré sur de la myxoprotéine séparée du sérum de bœuf et purifiée autant que possible (il est très difficile d'éliminer les der-

---

(¹) Séance du 8 août 1932.

nières traces de sérum-albumine, même par de nombreux lavages à l'eau distillée).

La matière, desséchée sur vide sulfurique, est broyée finement, puis mise en suspension dans l'eau. Après 24 heures de séjour et de fréquentes agitations, on centrifuge, on filtre et l'on obtient un liquide légèrement opalescent, montrant une solubilité d'environ 0,1 pour 100. En présence des électrolytes tels que NaCl, la solubilité est fortement augmentée, et l'on obtient des solutions à peu près limpides.

II. Nous examinerons aujourd'hui l'action floculante des électrolytes à cation monovalent (Na Cl, KCl), divalent ($BaCl^2$, $CaCl^2$, $SrCl^2$), trivalent $AlCl^3$, tétravalent $ThCl^4$.

En général, les résultats obtenus diffèrent suivant la valence du cation de l'électrolyte utilisé.

1° Pour les électrolytes à cation monovalent (NaCl, KCl, etc.) et divalent ($BaCl^2$, $CaCl^2$, $SrCl^2$) employés même à doses massives, on n'observe aucune action floculante sensible;

2° Au contraire, les électrolytes à cation trivalent ($AlCl^3$) et à cation tétravalent ($ThCl^4$) provoquent une floculation très nette.

Dans ce dernier cas, on observe la présence de deux zones de floculation.

En d'autres termes, si l'on porte un volume v de myxoprotéine en solution aqueuse, à un volume V par addition de solutions salines à cation tri- ou tétravalent, de concentration croissante, on constate que :

1° A partir d'une certaine concentration c, et jusqu'à une concentration c_2 de l'électrolyte dans le mélange, la densité optique augmente avec le temps. Cet accroissement de la densité optique est suivi d'une floculation;

2° Pour des concentrations de l'électrolyte supérieures à c_2 et inférieures à c_3 ($c_3 > c_2$), on n'observe ni accroissement de la densité optique, ni floculation;

3° Pour des concentrations de l'électrolyte supérieures à c_3, on constate le même phénomène que précédemment, c'est-à-dire accroissement de la densité optique suivi de floculation.

Les chiffres suivants représentent les densités optiques des mélanges de suspension de myxoprotéine à $0^g,1$ pour 100 et d'électrolytes à concentrations croissantes (les densités optiques ont été mesurées au photomètre de Vernes-Bricq-Yvon, et les lectures ont été faites avec un écran Wratten α).

a. — Floculation par $AlCl^3$ N/2000.

C (concentration en $AlCl^3$ N/2000).	Densités optiques.	Résultats (au bout de 2 heures).
0,1	0,04	absence de floculation
0,2	0,07	»
0,3	0,07	»
0,4	0,10	floculation
0,5	0,11	»
0,6	0,09	»
0,7	0,06	absence de floculation
0,8	0,12	floculation
0,9	0,19	»
1	0,09	»
1,2	0,07	absence de floculation
1,3	0,05	»

b. — Floculation par $ThCl^4$ N/5000.

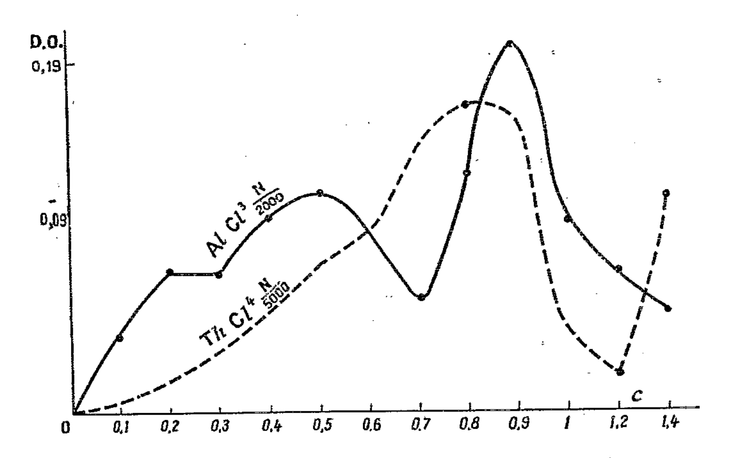
C (concentration en $ThCl^4$ N/5000).	Densités optiques.	Résultats (au bout de 2 heures).
0,3	0,03	absence de floculation
0,4	0,05	»
0,5	0,07	»
0,6	0,09	»
0,7	0,14	floculation
0,8	0,16	»
0,9	0,15	»
1	0,04	absence de floculation
1,2	0,02	»
1,3	0,11	floculation
1,5	0,07	»

Le diagramme suivant, construit selon les données précédentes, permet de se rendre compte de l'allure du phénomène (en abscisses C = concentration en électrolytes ; en ordonnées D. O. = densités optiques).

L'étude de la floculation par les mêmes électrolytes, sur les différentes fractions de myxoprotéine obtenues à partir du même sérum de bœuf, nous a donné des résultats analogues.

Conclusions. — L'existence *de deux zones* dans la courbe de floculation de la myxoprotéine par les deux électrolytes étudiés ($AlCl^3$, $ThCl^4$) conduit provisoirement aux deux hypothèses suivantes :

1° La myxoprotéine serait constituée par deux substances différentes;



2° Ou bien il se produirait tout simplement, à un moment donné de la floculation, un changement de signe de la protéine.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Stérilité des hybrides mâles issus du croisement entre* Molge marmorata *et* Molge cristata. Note (¹) de MM. **E. Bataillon** et **P. Tcherniakofsky.**

Nous avons donné en 1930 (²) la description de l'état de la gonade mâle chez les hybrides *Molge marmorata* ♀ × *M. cristata* ♂ âgés de 2 ans. Nous avons décrit l'allure pathologique de la spermatogenèse chez ces hybrides et trouvé dans l'avortement de la méiose par incompatibilité des stocks mâle et femelle la raison de leur stérilité.

L'âge de ces hybrides (2 ans) pouvait laisser croire qu'ils n'avaient pas encore atteint la maturité sexuelle et que, peut-être, ces troubles céderaient dans les saisons ultérieures.

L'étude fut reprise en 1931. Des mâles ayant été castrés en juin et sep-

(¹) Séance du 8 août 1932.

(²) E. Bataillon et Tchou Su, *Avortement de la gamétogenèse chez des hybrides d'Urodèles de deux ans* (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 690).

tembre pour subir des greffes testiculaires, nous avons fixé leurs propres gonades et retrouvé les phénomènes de dégénérescence observés l'année précédente. Le testicule est nettement plus volumineux que celui d'un *Crêté* pur témoin. Les coupes montrent une grande abondance de gonies groupées en cystes. Les mitoses goniales sont normales : mais, dès que la méiose s'engage, on voit surgir les troubles dus à un *synapsis très partiel*, et auquel échappent le plus grand nombre des chromosomes. La dégénérescence frappe les spermatocytes aux stades I et II. Rares sont les formations rappelant la spermatide : mais jamais nous n'avons pu voir un seul spermatozoïde. Finalement, les cystes ne renferment plus qu'un liquide visqueux où nagent des masses nucléaires compactes et pycnotiques perdant graduellement leur chromaticité.

La stérilité, qui s'est maintenue cette année (1932) sur ces hybrides agés de 4 ans, paraît bien définitive.

Reste la question de la prétendue fertilité du *Triton de Blasius*, hybride naturel dont certains ont voulu faire une véritable espèce. En 1931, nous avons pu, grâce à l'obligeance du regretté Rollinat, recevoir vivants au laboratoire deux couples de ces animaux.

Les femelles pondaient des œufs vierges. L'étude cytologique du testicule a été faite d'abord au début de mai, sur un individu en parure de noces, puis en septembre. La gonade mâle présente encore ici un volume plus grand que celle des formes pures. Il y a une abondance de cystes, apparemment normaux, mais ne renfermant que des gonies, dont quelques-unes en division : pas trace de méiose ni de spermies, ni en mai ni en septembre.

Le *Triton mâle de Blasius*, lui aussi, serait donc infécond. Il semble même montrer un arrêt de la spermatogenèse plus précoce que nos hybrides de fécondation artificielle, puisqu'on ne voit pas chez lui de cinèses postgoniales. Le développement remarquable de sa parure nuptiale marquerait une fois de plus l'indépendance qui existe entre l'épanouissement des caractères sexuels secondaires et la fertilité de la gonade mâle. Le *Blasius* paraît ainsi bien caractérisé, non comme une espèce, mais comme le produit d'une hybridation sporadique.

L'absence de robe nuptiale chez nos hybrides, produits et entretenus plus de quatre années au laboratoire, peut dépendre du régime de captivité, peut-être aussi de l'origine des souches croisées (nos femelles, de *M. marmorata*, provenaient de Banyuls; les mâles, de *M. cristata*, nous avaient été gracieusement expédiés de la région dijonnaise par M. Paris).

En tout cas, notre opinion est que les hybrides de *Marbré* et de *Crêté* (*Blasius* compris) ne sauraient donner une lignée continue. Ils ne peuvent se maintenir que par répétition fortuite du *croisement direct* sur une zone de contact entre les deux espèces, à moins qu'une certaine fertilité des femelles ne permette un *croisement en retour* avec les mâles des formes parentes.

PLIS CACHETÉS.

Mme veuve **René Quinton** demande l'ouverture de deux plis cachetés déposés par son mari dans les séances du 28 janvier et du 5 octobre 1896, et inscrits sous les n°s 5178 et 5252.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent un Mémoire intitulé *Les températures animales fixent l'ordre d'apparition des espèces sur le globe. La reproduction est modifiée.*

(Renvoi à l'examen de la Section d'Anatomie et de Zoologie.)

CORRESPONDANCE.

M. **H. Perrier de la Bâthie**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Observations géologiques dans la partie méridionale de l'Afrique Équatoriale Française (Bassins du Niari, de la Nyanga, du Djoué et du Haut-Ogooué)* par V. Babet. Préface de M. le Gouverneur général R. Antonetti.

2° *Nouvelle méthode d'essais industriels des métaux* par G. Pichon. (Transmis par M. Ch. Lallemand.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *De la dispersion afférente à n erreurs dans le cas où chacune des erreurs composantes est régie par une loi simple. Essai d'une représentation analytique.* Note (¹) de M. **R. Risser**, transmise par M. Émile Borel.

Étant donnée une série d'erreurs indépendantes x_i au nombre de n, dont la dispersion est pour chacune d'elles caractérisée par la loi $1/2a\,dx_i$ dans le champ $(-a, +a)$, on peut se proposer tout d'abord d'évaluer la probabilité pour que la somme des n erreurs x_i soit comprise entre $(n-2p)a$ et $(n-2p+2)a$, puis de rechercher ce que devient la fonction représentative lorsque le nombre des erreurs croît, de rattacher cette étude à celle d'une des formes de distribution de Pearson, et enfin de généraliser les résultats trouvés.

Dans un premier essai antérieur (*Bulletin des Actuaires français*, nº 117, 1924), j'ai montré que les courbes de dispersion, que n fût pair ou impair, pouvaient être représentées dans l'intervalle $[(n-2p)a, (n-2p+2)a]$ par le polynome

$$(1)\qquad \frac{1}{(n-1)!\,(2a)^n}\left\{(na-\beta)^{n-1}-C_n^1[(n-2)a-\beta]^{n-1}+\ldots+(-1)^{p-1}C_n^{p-1}[(n-2p+2)a-\beta]^{n-1}\right\},$$

$$\text{avec } C_n^j=\frac{n!}{j!\,(n-j)!}.$$

Après avoir procédé au calcul des moments μ_0, μ_2, μ_4, nous utilisons l'intégrale

$$I=\int_0^\infty \frac{\cos zx\left(\frac{\sin x}{x}\right)^n}{\pi}\,dx,$$

qui nous fournit le premier développement

$$(2)\qquad I=\sqrt{\frac{3}{2n\pi}}\,e^{-\frac{3}{2}r^2}\left[1-\frac{3}{20n}(1-6r^2+3r^4)+\ldots\right],\qquad \text{avec}\quad z=r\sqrt{n},$$

puis le second développement

$$(3)\qquad I=\frac{(n+r\sqrt{n})^{n-1}-C_n^1(n+r\sqrt{n}-2)^{n-1}+C_n^2(n+r\sqrt{n}-4)^{n-1}-\ldots}{(n-1)!\,2^n},$$

où l'on ne fait intervenir que les puissances positives.

(¹) Séance du 1er août 1932.

Il est alors possible de rapprocher l'expression (3) de celle du polynome (1), et retrouver en partant de (3) les valeurs de μ_0, μ_2, μ_4. *On constate ainsi qu'en première approximation, ces probabilités partielles sont définies par la courbe de Laplace-Gauss.*

Emploi de la fonction caractéristique. — On remarque facilement que la fonction de Cauchy relative à la composition de n erreurs du type étudié est définie par $[\operatorname{sh}(at)/at]^n$, et que la loi de probabilité en connexion avec cette fonction se ramène à

$$(4) \qquad F_0(X) + \frac{3^2}{5!\,n} F^{(IV)}(X) - \frac{3^3}{7!\,n^2} F^{(VI)}(X) + \ldots,$$

où $F^{(IV)}$, $F^{(VI)}$, ... ne sont autres que les dérivées d'ordre 4, 6, ... de la loi réduite normale

$$F_0(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X^2}{2}};$$

si l'on s'arrête à la seconde approximation, et si l'on fait

$$X = \beta\sqrt{\frac{3}{n}},$$

on aboutit à un résultat obtenu antérieurement pour la valeur de l'ordonnée moyenne d'un tronçon.

On peut aussi retrouver tous les développements précédents en recourant au facteur de discontinuité de M. Galbrun (*Comptes rendus*, 8 février 1909)

$$(5) \quad \psi(X) = \psi[H(y-u)] = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left[\int_0^\beta e^{-\alpha^2} d\alpha + \sum_{p=1}^{\infty} \frac{P_{2p}[H(y-u)]\, P_{2p-1}(\beta)\, e^{-\beta^2}}{2^{2p}(2p!)} \right].$$

Rapprochement avec une certaine fonction de distribution statistique de Pearson. — Dans le cas actuel, on peut aussi chercher à ajuster la courbe globale ($\mathcal{C}_0$) de probabilité à $y = y_0\left(1 - \frac{x^2}{A^2}\right)^m$, et l'on est ainsi conduit à la courbe ($\mathcal{C}_1$)

$$(6) \qquad Y = y_0 e^{-\frac{3x^2}{2na^2}\left(1 - \frac{3}{5n-2}\right)}.$$

On aboutit à un ajustement fournissant telle approximation aussi serrée que l'on voudra, en faisant appel à un développement de la forme (Romanovsky, *Biom.*, **16**, 1924)

$$(7) \qquad y = y_0\left(1 - \frac{x^2}{A^2}\right)^m \left(1 + \sum_{\kappa=5}^{\infty} \frac{\lambda_0}{\lambda_k} \frac{S_k}{S_0}\right),$$

développement qui est convergent dans les conditions statistiques du problème.

Généralisation. — Étant données les séries d'erreurs $x_1, x_j, x_l, \ldots$ suivant respectivement les lois simples $1/2a.dx_i$, $1/2b.dy_j, \ldots$, on voit, en vertu de l'hypothèse de l'indépendance des systèmes $x_i, y_j, z_l, \ldots$ et des erreurs x_i entre elles, ..., et grâce à ce raisonnement fait précédemment, que la probabilité pour que

$$(n-2p)a \leqq \sum_1^n x_i \leqq (n-2p+2)a, \qquad (n'-2p')b \leqq \sum_1^{n'} y_j \leqq (n'-2p'+2)b \quad \ldots$$

s'exprime soit au moyen du produit $(P_i Q_j R_l \ldots)$, où $(P_i, Q_j, R_l \ldots)$ représentent respectivement des polynomes de degrés $(n-1)$, $(n'-1), \ldots$, soit au moyen du produit d'intégrales ou de séries.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines familles de polynomes.* Note de M. **Jacques Devisme**, transmise par M. Élie Cartan.

I. On sait (¹) que l'expression $[1-3hP(\theta, \varphi)+3h^2P(-\theta, -\varphi)-h^3]$, où $P(\theta, \varphi)$ est le cosinus d'Appell, généralise l'expression $(1-2h\cos\theta+h^2)$. On est donc conduit à remplacer le polynome $(1-2hx+h^2)$ par le nouveau polynome $(1-3hx+3h^2y-h^3)$ dans les essais de généralisations des polynomes de Legendre, Gegenbauer, Hermite.

II. Posons

$$[1-3hx+3h^2y-h^3]^{-\nu} = \sum_0^{+\infty} h^n H_n^\nu(x, y),$$

$H_n^0(x, y)$ correspondant au cas du logarithme. On montre facilement que $H_n^\nu(x, y)$ vérifie un système d'équations aux dérivées partielles du *second ordre* dont l'une *indépendante de* ν s'écrit

$$x\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + 2y\frac{\partial^2 U}{\partial x\,\partial y} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + (1-n)\frac{\partial U}{\partial x} = 0.$$

Si l'on astreint les dérivées à être toutes prises par rapport à la même variable on trouve des équations du troisième ordre.

(¹) P. Humbert, *On Appell's Function* $P(\theta, \varphi)$ (*Proc. Edinburg Math. Soc.*, 2ᵉ série, 3, 1932, p. 53).

Les polynomes $H_n^\nu(x, y)$ admettent comme cas particuliers ceux étudiés par MM. Pincherle, P. Humbert, Bavan Baker ([1]).

III. Posons

$$e^{ax-a^2y+\frac{a^3}{3}} = \sum_0^{+\infty} a^n U_n(x, y).$$

Ces nouveaux polynomes, qui admettent un certain nombre de propriétés intéressantes telles que

$$U_n(x, y) = \lim_{s=+\infty} H_n^{-\frac{s}{3}}\left[\frac{x}{\sqrt[3]{s^2}}, \frac{y}{\sqrt{s}}\right],$$

$$U_n(y^2, y) = (-1)^n e^{\frac{y^3}{3}} \frac{d^n}{dy^n}\left[e^{-\frac{y^3}{3}}\right], \ldots$$

généralisent les polynomes $P_n(x) = (-1)^n U_n(-x, 0)$ déjà étudiés par M. P. Humbert ([2]).

Les propriétés détaillées des polynomes $H_n^\nu(x, y)$, $U_n(x, y)$ seront publiées ultérieurement dans un autre recueil.

IV. Terminons en donnant quelques nouvelles propriétés des équations $\Delta_r U = 0$ et $\Delta_{3,n} U = 0$ ([3]). Représentons l'équation différentielle fournissant les solutions de $\Delta_r U = 0$ qui ne dépendent que de la forme p_r par la notation

$$\mathcal{E}_r(U) = 0.$$

Si $F_r(p_r)$ est une intégrale de

$$\mathcal{E}_{r-1}(U) = U,$$

l'intégrale

$$V = \int_{\Sigma(M)} F_r[p_r(M, P)]\, d\sigma,$$

où P est fixe, généralise celles déjà étudiées par M. P. Humbert ([4]).

Ces équations $\mathcal{E}_r(U)$ peuvent prendre des formes remarquables ainsi que

---

(1) Pincherle, *Memorie della R. Acad. Bologna*, 5e série, **1**, 1890, p. 337; P. Humbert, *Proc. Edinburg Math. Soc.*, 1re série, **39**, 1920-1921, p. 21, et *Journal de Math. pures et appliquées*, **8**, 1929, p. 145; Bevan Baker, *Proc. Edinburg Math. Soc.*, 1re série, **39**, 1920-1921, p. 58.

(2) P. Humbert, *Ann. de la Soc. scient. de Bruxelles*, série A, **49**, 1929, p. 113.

(3) Pour les notations se reporter à nos précédentes Notes (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 825, 981, 1154; **194**, 1932, p. 516, 1550).

(4) P. Humbert, *Mathematica*, **1**, 1929, p. 164, et *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1549.

celles qui s'en déduisent. Nous ne signalerons que les relations

$$\mathcal{E}_r(\mathrm{U}) = \frac{d}{dp}\left\{p\frac{d}{dp}\left[p\frac{d}{dp}\cdots\left(p\frac{d\mathrm{U}}{dp}\right)\cdots\right]\right\} = 0,$$

où l'opérateur d/dp apparait r fois, et

$$\mathcal{E}_{3,n}(\mathrm{U}) = \frac{d}{dp}\left[p^{\frac{5-n}{2}}\frac{d}{dp}\left(p^{\frac{n-1}{2}}\frac{d\mathrm{U}}{dp}\right)\right] = \frac{d}{dp}\left\{p\frac{d}{dp}\left[p^{\frac{5-n}{2}}\frac{d}{dp}\left(p^{\frac{n-3}{2}}\mathrm{U}\right)\right]\right\} = 0,$$

les deux formes se confondant pour $n = 3$.

Ces divers résultats dont les derniers généralisent des résultats classiques relatifs aux laplaciens [1] seront utilisés dans des travaux ultérieurs.

ÉLECTROMIQUE. — *Sur la constitution des noyaux atomiques.* Note [2] de M. **D. Iwanenko**, transmise par M. M. de Broglie.

M. G. Gamow (*Phys. ZS. d. Sowjetunion*, 1, n° 3, 1932) a récemment suggéré que le fait expérimental de l'existence d'un ou de deux groupes seulement de protons émis pendant la désintégration provoquée indique l'applicabilité de principe de Pauli aux protons nucléaires. En étendant ces considérations au calcul des spins des noyaux nous devons prévoir que tous les éléments $4n$, étant constitués seulement par des particules α, ne possèdent pas de spin (les électrons ne sont pas comptés du tout), c'est précisément ce qu'on observe expérimentalement, et que les éléments $4n+1$, $4n+2$ (premier groupe) et $4n+3$ (second groupe) possèdent des spins respectivement identiques. En consultant les valeurs numériques, nous voyons aisément que notre hypothèse n'est pas vérifiée, bien que les éléments $4n+3$ présentent les valeurs les plus élevées. Ainsi ce nouvel effort pour sauver la conception habituelle qui représente les noyaux comme des systèmes contenant le nombre maximum de rayons α et trois protons au plus semble avoir échoué.

Il faut alors songer aux neutrons. On peut procéder ici par deux méthodes : soit en laissant le nombre usuel des particules α intact et neutralisant seulement trois électrons au plus [F. Perrin et P. Auger [3]], soit

(1) Cf. M. Ghermanesco, *Sur les fonctions n-métaharmoniques* (*Rend. della R. Acc. Nat. dei Lincei*, 6e série, 14, 1931, p. 415).

(2) Séance du 8 août 1932.

(3) F. Perrin et P. Auger, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1343.

en neutralisant tous les électrons. La première me semble rencontrer les mêmes difficultés en ce qui concerne les grandes valeurs du spin, surtout chez les éléments lourds, tels que Bi, I, etc. De plus, en partant d'un certain élément, les électrons intranucléaires sont en excès et le manque de spin reste bien mystérieux. Au contraire la seconde thèse proposée indépendamment des neutrons il y a quelque temps ([1]) semble donner des possibilités d'explication des difficultés citées ci-dessus. Nous n'entrerons pas ici dans des considérations plus abstraites, selon lesquelles cette thèse présente l'avantage de généraliser l'idée de M. L. de Broglie sur l'analogie très étendue entre la lumière et la matière; les électrons intranucléaires sont réellement très analogues aux photons absorbés ([2]), l'expulsion d'un électron β étant pareille à la naissance d'une particule nouvelle qui, en état d'absorption, ne possédait pas d'individualité.

On peut aisément calculer pour un noyau donné le nombre de neutrons, de protons et de particules α, en admettant que deux protons et deux neutrons forment toujours une particule α. La question du spin des électrons n'a pas de sens ici. Pour les noyaux légers jusqu'au Cl 37 le nombre de particules α ne diffère pas de celui admis usuellement et le nombre de neutrons est égal à celui donné par MM. Perrin et Auger. Mais au lieu d'admettre selon la première méthode que pour Cl 37 un premier électron libre apparaît (M. Auger indique au lieu de Cl 37, l'isotope K_{41}) nous devons dissoudre une particule α pour neutraliser cet électron. Nous indiquons la constitution de Cl selon les vues habituelles (I) et selon deux propositions nouvelles (II) et (III) (ω désignant des neutrons).

$$\text{Cl } 35 = 8\alpha + 3\pi + 2\varepsilon \quad (\text{I}) \qquad 8\alpha + 1\pi + 2\omega \quad (\text{II}) \qquad 8\alpha + 1\pi + 2\omega \quad (\text{III})$$
$$\text{Cl } 37 = 9\alpha + 1\pi + 2\varepsilon \quad (\text{I}) \qquad 9\alpha + 1\omega + 1\varepsilon \quad (\text{II}) \qquad 8\alpha + 1\pi + 4\omega \quad (\text{III})$$

(les isotopes d'un élément ne doivent différer que par le nombre de neutrons).

Selon M. Auger nous devrions être prêts à rencontrer déjà ici (et non chez K_{41} seulement) une radioactivité spontanée. Pour les éléments lourds la dissolution des particules α devient très intense et pour Bi nous obtenons par exemple :

$$\text{Bi } 203 = 52\alpha + 1\pi + 22\varepsilon \quad (\text{I}) \qquad 52\alpha + 1\omega + 21\varepsilon \quad (\text{II}) \qquad 41\alpha + 1\pi + 44\omega \quad (\text{III})$$

([1]) D. Iwanenko, *Nature*, 129, 28 mai 1932, p. 798; *Phys. ZS. d. Sowjetunion* (sous presse); I. Chadwick, *Proc. Roy. Soc.* A, 136, 1932, p. 692.

([2]) V. Ambarzumian et D. Iwanenko, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 582.

ce qui donne quelques possibilités d'explication pour le spin, quoique nous soyons encore très éloigné d'un schéma définitif.

Du reste la dissolution de particules α est vraisemblable indépendamment de la question de spin ([1]). Nous ne considérons pas le neutron comme constitué d'un électron et d'un proton mais comme une *particule élémentaire*.

Cela admis, nous sommes obligés de traiter les neutrons comme possédant un spin $\frac{1}{2}$ et obéissant à la statistique de Fermi-Dirac. Cette valeur de spin est aussi suggérée par le schéma des noyaux proposé plus haut. Par exemple $N_{14}(= 3\alpha + 1\pi + 1\omega)$ doit donner le spin 1, etc.

Les noyaux d'azote paraissent obéir à la statistique de Bose-Einstein. Cela devient compréhensible maintenant parce que N_{14} possède juste 14 particules élémentaires, c'est-à-dire un nombre pair et non pas 21. Toutes ces suggestions, si provisoires qu'elles soient, semblent donner tout de même un point de vue nouveau tant pour le schéma des noyaux que pour la critique des théories relativistes quantiques qui admettent des électrons individuels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du système ternaire magnésium-aluminium-cuivre.* Note ([2]) de MM. **A. Portevin** et **P. Bastien**, transmise par M. L. Guillet.

Les alliages légers formés par les trois métaux : aluminium, magnésium et cuivre comportent deux groupes particulièrement intéressants à étudier, ceux riches en aluminium et ceux riches en magnésium.

La portion du diagramme ternaire formée par le triangle

$$Al - Mg^4Al^3 - Al^2Cu$$

a été tracée par Vogel ([3]), nous avons étudié la région correspondant au triangle $Mg - Mg^4Al^3 - Mg^2Cu$, c'est-à-dire avoisinant le sommet magnésium du triangle $Mg - Al - Cu$,

---

([1]) A. J. Rudgers, *Nature*, **129**, 5 mars 1932, p. 361.

([2]) Séance du 8 août 1932.

([3]) Vogel, *Zeit. anorg. allg. Chemie*, **107**, 1919, p. 265.

Comme diagrammes binaires de base, nous avons adopté celui résultant des études de Hansen et Gayler (1) et de Schmidt (2) pour le système magnésium-aluminium et celui établi par Jones (3) pour le système magnésium-cuivre.

Le système $Mg - Mg^4Al^3 - Mg^2Cu$ a été étudié au moyen des courbes de refroidissement, de l'examen micrographique et de la détermination des propriétés physiques : les courbes de refroidissement, enregistrées avec l'appareil de Kurnakow, nous ont donné les diverses températures de solidification avec une précision de l'ordre de 2° à 3° et nous ont permis d'utiliser les ressources qu'offre l'analyse thermique pour les alliages ternaires (4).

L'établissement des surfaces du diagramme de l'espace a été fait d'après la construction de onze sections verticales convenablement choisies ; les intersections des diverses surfaces sont projetées figure 1. Ainsi est apparue l'existence d'un composé défini ternaire, de formule $Mg^2Al^3Cu^2$ déterminant, avec le sommet magnésium, une section quasi binaire divisant le diagramme en deux parties distinctes et à laquelle correspond sur le liquidus une ligne de crête infranchissable ; ce liquidus comporte 4 nappes primaires correspondant respectivement à la séparation des 4 phases Mg, Mg^4Al^3, Mg^2Cu et $Mg^2Al^3Cu^2$.

Ces quatre nappes se coupent suivant des courbes eutectiques aboutissant aux points eutectiques ternaires O_1 à 412° et O_2 à 484° (ce dernier étant très voisin de l'eutectique binaire E_2), la courbe O_1O_2 présente un maximum m à l'intersection avec la section quasi binaire Mg, $Mg^2Al^3Cu^2$.

Sur la figure 1 sont indiquées en traits pointillés les droites d'intersection des surfaces conoïdes de solidification secondaire. Le magnésium et le composé Mg^4Al^3 donnent naissance à des solutions solides α et β.

La figure 2 indique les diverses phases et les divers domaines après solidification, ces derniers comportant notamment deux triangles d'équilibre à trois phases et les deux domaines à une phase α et β.

L'étude micrographique et celle des propriétés physiques (densité, dilatation, conductibilité électrique) confirment ces conclusions. En première

---

(1) HANSON et GAYLER, *J. Inst. Metals*, 24, 1920, p. 201.

(2) SCHMIDT (avec SPITALER, HANSEN et RUHRMANN), *Zeit. Metallk.*, 19, 1927, p. 462; également SALDAU et ZAMOTORIN, *J. Inst. Metals*, 48, 1932, p. 224.

(3) JONES, *J. Inst. Metals*, 46, 1931, p. 395.

(4) A. PORTEVIN, *Rev. Met.*, 7, 1910, p. 1149.

approximation et pour les alliages riches en magnésium, la densité croît linéairement et le coefficient de dilatation décroît linéairement, en fonction des teneurs en cuivre et en aluminium, en dehors du domaine de la solution solide α.

La résistivité décroît rapidement par addition d'aluminium et marque

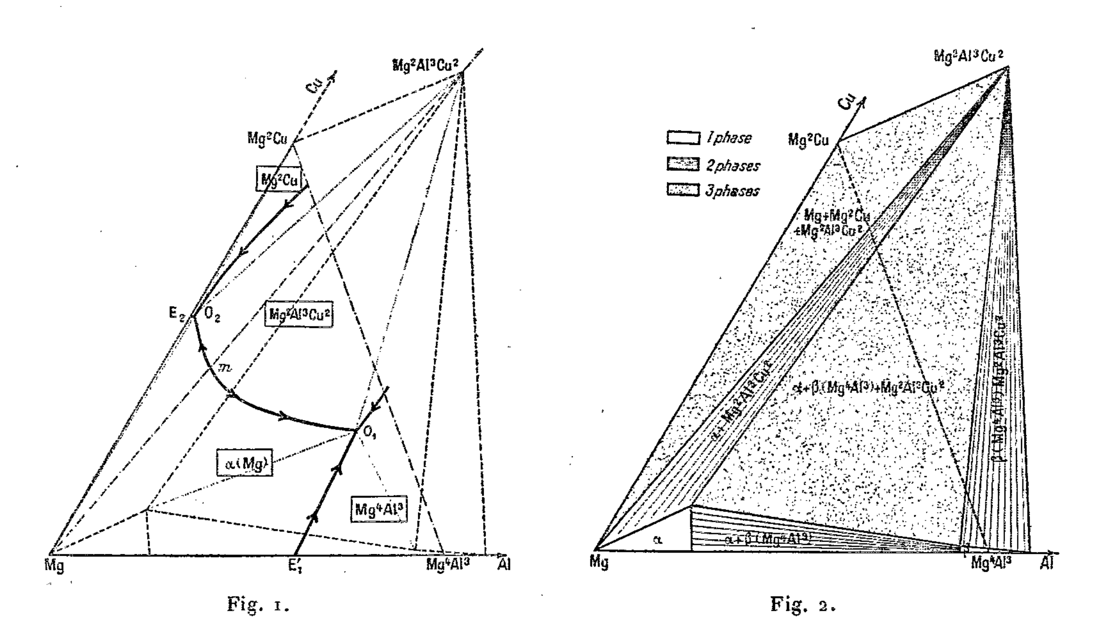


Fig. 1.

Fig. 2.

nettement la limite du domaine de la solution solide α du côté aluminium; par contre, l'addition de cuivre se traduit par un accroissement linéaire et beaucoup moins rapide.

En outre, cette addition de cuivre, faite aux alliages à 10 pour 100 Al de résistivité élevée, conduit à une plus faible résistivité, ce qui indique l'existence du composé défini, fait qui avait déjà été annoncé [1].

L'étude complète des propriétés mécaniques (par les essais de dureté, de fraction, de flexion statique et par choc) à divers états (coulé en sable, coulé en coquille et filé) a montré qu'il y avait, dans l'ensemble, amélioration dans le domaine α; en dehors de ce domaine, l'accroissement de dureté, dû aux divers composés définis, est accompagné d'une très grande augmentation de la fragilité.

---

[1] A. Portevin et F. Le Chatelier, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 523.

LITHOLOGIE. — *Étude sur quelques schistes à ottrélite de Chine.* Note (1) de M. **Li Shi Lin.**

Dans une collection de roches de Chine envoyée en 1863 au Muséum d'Histoire naturelle par le P. David, dont l'étude m'a été confiée, j'ai trouvé, trois échantillons de schiste micacé à *ottrélite*, type lithologique qui n'avait pas encore été signalé dans l'Asie orientale. Il me paraît donc intéressant d'insister sur quelques-unes de ses particularités.

Ces trois schistes sont d'âge probablement primaire; deux proviennent de la province Pé-Tchi-Li (Ho-pé), près du village Sinn-ouang-ssé, et la troisième de la vallée Jehol, c'est-à-dire de la Chine du Nord-Est.

L'un, de couleur claire et jaunâtre, fait voir à sa surface des lamelles arrondies vertes d'ottrélite; on peut remarquer à la loupe que ces lames sont divisées en secteurs partant du centre.

L'étude au microscope montre que l'ottrélite se présente tantôt en lames minces, en sections prismatiques, maclées polysynthétiquement; elles sont groupées en rosettes, tantôt en sections aplaties suivant la base, arrondies, s'éteignant par secteurs. Les propriétés optiques et notamment le polychroïsme dans les teintes bleu indigo (n_m), vertes (n_p), et incolore (n_g) sont celles de l'ottrélite de l'Ardenne. Le minéral, d'ailleurs, donne des réactions du manganèse très nettes, et par suite il n'y a pas à songer à une autre variété de chloritoïde.

Il englobe quelques grains de quartz, mais il est partout riche en inclusions de fines aiguilles de rutile. Ses lames sont englobées dans un schiste séricíteux, composé de fines paillettes de séricite, de grains de quartz et de très nombreuses aiguilles de rutile qui s'accumulent parfois en houppes et forment même des cristaux plus grands. Comme minéral accessoire on peut signaler quelques grains de zircon.

Le second échantillon est foncé, gris verdâtre et contient des lamelles noires d'ottrélite. En plaque mince, on voit que celle-ci a un facies différent du précédent. Elle forme des cristaux un peu plus grands, parfois maclés, plus souvent simples, rarement groupés en rosettes. Les propriétés optiques sont les mêmes, le polychroïsme est moins fort et dans les teintes plus claires. Les cristaux sont parfois disposés en travers de la schistosité

(1) Séance du 8 août 1932.

du schiste séricíteux. Ils sont riches en inclusions de rutile et d'une poussière noire qui est probablement du graphite, enfin d'un minéral incolore indéterminable. Les inclusions sont disposées en forme de sablier.

Le schiste lui-même est séricíteux, feuilleté avec des lits contournés autour des cristaux d'ottrélite ou de lentilles composées d'agrégat de grains de quartz. Une poussière noire qui, d'après un essai chimique, doit être du graphite, est disséminée dans toute la roche et accumulée par places en taches irrégulières. Un peu de chlorite en petites lamelles est associée à la séricite.

Ces deux échantillons proviennent du Pétchili, celui de Jehol ressemble au premier type : d'un gris verdâtre, il renferme des lamelles plus petites d'ottrélite; tous les autres éléments y sont aussi de taille plus faible.

BOTANIQUE. — *Sur quelques Diatomées d'eau douce vivant en tubes muqueux.* Note (1) de M. **Henry Germain**, transmise par M. P.-A. Dangeard.

Les espèces de Diatomées marines qui vivent en colonies dans des tubes muqueux, simples ou ramifiés, sont relativement nombreuses. Dans les eaux douces, on ne rencontre guère que quelques espèces de *Cymbella* et de *Frustulia*, dont la vie en tubes est l'état normal; quelques autres espèces, qu'on rencontre le plus souvent à l'état libre, peuvent aussi se trouver en tubes : *Navicula viridula* Grun., *Navicula gracilis* Ehrb., des *Nitzschia*. M'occupant, depuis plusieurs années, de l'écologie des Diatomées d'eau douce de la région du Maine-Anjou, j'ai eu l'occasion d'observer quelques cas nouveaux, ou peu connus, de tubes muqueux, renfermant des Diatomées qui vivent d'ordinaire à l'état libre.

I. Tubes muqueux renfermant une seule espèce. — 1. *Nitzschia dissipata* (Ktz.) Grun. — J'ai récolté cette Diatomée sur un ponton de la Maine, à Angers, vivant dans des tubes, au-dessous de la ligne de flottaison.

Cholnoky [*Adnotationes criticæ ad floram Bacillariearum Hungariæ IV* (*Magyar Bot. Lap.*, 1929, p. 143); *Symbiose zwischen Diatomeen* (*Ark. k. Protistenk*, 66, 1929, p. 527)] a signalé que *N. dissipata* vit presque constamment dans des tubes de Cymbelles, mais il ne parle pas de tubes propres à cette espèce. Dans mes récoltes, les tubes étaient complètement et unique-

(1) Séance du 18 juillet 1932.

ment remplis de frustules de *Nitzschia;* les tubes de Cymbelles manquaient; d'ailleurs, les deux types de tubes sont différents.

2. *Nitzschia paleacea* Grun. — Cette seconde espèce s'est présentée en tubes, dans des conditions toutes semblables, sur un ponton de la Mayenne, à Château-Gontier. Je ne crois pas que *N. paleacea* ait jamais été signalé en tubes muqueux.

Quelques auteurs ont pensé que la formation de tubes muqueux, chez des espèces vivant d'ordinaire à l'état libre, représentait une adaptation particulière à la vie dans des eaux agitées. Je dois faire remarquer que les tubes de *Nitzschia dissipata* et *N. paleacea* ont été récoltés dans les eaux calmes de la Maine et de la Mayenne; j'ai, de même, récolté dans l'Erdre, à Nantes, dans une eau absolument morte, des tubes de *N. filiformis* (W. Sm.) Hust.; enfin, les récoltes qui m'ont fourni ces diverses espèces en tubes contenaient de nombreux frustules libres de *Navicula viridula* et *N. gracilis :* or ces deux Navicules ont la faculté de former des tubes et l'on aurait pu espérer les rencontrer à cet état, si la formation de tubes dépendait surtout de ce type de station. On devra donc chercher une autre explication à ce phénomène biologique.

II. Tubes muqueux renfermant deux espèces différentes. — Un certain nombre de cas de ce genre ont été signalés chez des Diatomées marines ou saumâtres. Van Heurck [1] remarque que *Nitzschia tubicola* Grun. se rencontre souvent en abondance dans les gaines de Schizonémées. Moebius a fait connaître [2] une association à *Nitzschia Martiania* Ag. et *Schizonema* sp., provenant d'un matériel de Java, et [3] une association à *Nitzschia* sp. et *Schizonema Grevillei* Ag., provenant de l'île Kildin (côtes de Laponie). J'ai moi-même récolté, sur les rochers de la baie du Croisic (Loire-Inférieure), un *Schizonema ramosissimum* Ag., dont les tubes renfermaient en abondance un petit *Nitzschia* à structure très délicate, dont je n'ai pu déterminer l'espèce.

Dans les eaux douces, d'après Cholnoky (*loc. cit.*), *Nitzschia dissipata* habite normalement les tubes de *Cymbella ventricosa* Ktz. et les deux espèces constitueraient une sorte de symbiose. Pour ma part, je n'ai

(1) H. van Heurck, *Synopsis des Diatomées de Belgique* (Anvers, 1880-1881, Pl. LXIX, fig. 14).

(2) M. Moebius, *Beitrag sur Kenntniss der Algenflora Javas* (*Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 11, 1893, p. 130).

(3) M. Moebius, *Notiz über schlauchbildende Diatomeen mit zwei verschiedenen Arten* (*Ibid.*, 25, 1907, p. 247).

jamais rencontré *N. dissipata* dans les tubes d'une autre espèce; mais j'ai observé plusieurs cas de vie commune, dans le même tube, entre deux espèces, dont l'une était une Naviculoïdée et l'autre, toujours, *Nitzschia paleacea*.

1. *Cymbella prostata* (Berk.) Cl. et *Nitschia paleacea*. — Récolte provenant de l'Étang de Serrant (Saint-Georges-sur-Loire), près d'Angers, sur les pierres inondées du bord.

2. *Navicula viridula* et *Nitzschia paleacea*. — Récolte provenant de Château-Gontier, sur les pierres de la rive de la Mayenne.

3. *Frustulia vulgaris* Thw. et *Nitzschia paleacea*. — Même récolte que la précédente.

Je puis rapprocher de ces trois cas une association de même genre observée chez *Navicula pelliculosa* Hilse. Cette Navicule ne forme pas de vrais tubes, mais des lames muqueuses, consistantes, bien délimitées, dans lesquelles les frustules sont disposés en files très nettes : la signification biologique de ces lames est évidemment de même ordre que celle des tubes muqueux. L'espèce en question n'est pas rare dans la région. Je l'ai récoltée, en particulier, dans une fontaine publique, à Château-Gontier : la Navicule était associée à deux espèces de *Nitzschia : N. paleacea*, encore, et *N. acicularis* W. Sm., l'une ou l'autre espèce dominant, suivant les différentes régions de la lame muqueuse.

L'association a-t-elle la signification d'une véritable symbiose, comme semble le croire Cholnoky ? Il est difficile de se prononcer catégoriquement. Il paraît certain, en tout cas, qu'aucune des deux espèces associées n'est modifiée, en quoi que ce soit, dans sa morphologie, externe ou interne.

M. **F. Dussaud** adresse une Note *Sur la photographie et la cinématographie sans manipulation et avec vision immédiate des sujets fixes et animés.*

(Renvoi à la Division des Sciences appliquées à l'Industrie.)

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1932.

Lavoisier's three Notes on Combustion, 1772, par ANDREW N. MELDRUM. In *Archeion*, Vol. XIV (1932), p. 15-30. Paris, Direction de la Revue ; 1 fasc. 24^{cm}.

Le déterminisme du sexe et l'intersexualité, par RICHARD GOLDSCHMIDT. Paris, Librairie Félix Alcan, 1932 ; 1 vol. 18^{cm},5. (Présenté par M. Caullery.)

Études sur la population française, par G. ICHOK. Paris, Édition de la Biologie médicale, 1932 ; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. A. Calmette.)

L'architecture de l'Univers et *Dans le champ solaire*, par PAUL COUDERC. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930 et 1932 ; 2 vol. 21^{cm},5. (Présentés par M. J. Perrin.)

Étalons photométriques, par PIERRE FLEURY. In *Encyclopédie photométrique*, IIIe section. *Photométrie visuelle*, Tome II. Paris, Éditions de la *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 1932 ; 1 vol. 24^{cm},5.

Traité des projections des cartes géographiques à l'usage des cartographes et des géodésiens. Théorie générale des projections, par L. DRIENCOURT ; *Choix et mode d'emploi des projections pour la construction des cartes géographiques*, par L. DRIENCOURT ; *Emploi des projections limitées aux termes du troisième ordre en Géodésie*, par L. DRIENCOURT ; *Théorie de la représentation conforme. Emploi des projections rigoureusement conformes en Géodésie*, par J. LABORDE. Paris, Hermann et Cie, 1932 ; 4 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. Robert Bourgeois.)

Notes de climatologie comparée. Formules climatiques et climogrammes susceptibles d'être utilisés en Écologie, par P. CARLON. In *Bulletin général de l'Instruction publique* (n° 6, février 1932). 1 fasc. 26^{cm},7. (Présenté par M. P. Viala).

Pathologie végétale, précocité, productivité et résistance à la dégénérescence, par M. J. COSTANTIN. In *Académie d'Agriculture de France*. (Extrait du procès-verbal de la séance du 1er juin 1932). Alençon, Imprimerie alençonnaise, 1932 ; 1 fasc. 21^{cm},4.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Croisements en retour (2ᵉ génération) entre une femelle hybride d'Urodèle et les mâles des deux types parentaux*. Note [1] de MM. **E. Bataillon** et **Tchou Su**.

Il y a à considérer, dans l'hydridation, autre chose que des combinaisons de facteurs génétiques : des rapports nucléo-plasniques qui font que, de deux *croisements réciproques*, l'un est fertile, l'autre stérile ; des conditions d'activation qui varient dans les *croisements en retour*, etc., au fond, des équilibres physiologiques divers que l'analyse permet de confronter avec d'autres résultats expérimentaux.

Des recherches de 5 années sur quatre espèces du genre *Molge* (*Palmata*, *Alpestris*, *Marmorata* et *Cristata*) nous ont prouvé avec quelle facilité on obtient, *par fécondation artificielle*, des hybrides viables. Des douze croisements possibles, un seul (*Cristata* ♀ × *Palmata* ♂) n'a pu aboutir jusqu'ici.

Bien que ces produits soient souvent d'une belle vigueur, les mâles de 3, 4 ou 5 ans n'ont jamais montré de parure nuptiale. Par contre, trois types hybrides femelles ont pondu, de novembre à mai, des œufs de bonne apparence. Les espèces croisées étant désignées par leur initiale et la femelle mise au premier rang, ce sont les combinaisons MC, AM et PM. Malgré la présence de mâles hybrides et même de mâles d'espèce pure, ces œufs étaient vierges : aucun cas de fécondation naturelle n'a été observé.

---

(1) Séance du 17 août 1932.

Vu la rareté du matériel, nos études ont porté surtout sur les hybrides MC, dont nous avions obtenu 36 exemplaires très résistants en 1928.

Sur un mâle, sacrifié en août de la deuxième année (1929) nous avons décrit des troubles profonds de la méiose et l'avortement total de la spermiogenèse (à un âge où les témoins purs du type *Marbré* avaient leurs cystes bourrés de spermies) [1]. Chez des œufs, libérés en avril 1931, la méiose était bloquée sur un monaster abortif diploïde correspondant à la figure irradiante qui prélude au premier fuseau polaire. Trois ou quatre couples chromosomiques rappelaient le synapsis partiel constaté dans la méiose troublée du mâle. « Il est douteux, mais non impossible, écrivions-nous alors, que disparaissent aux saisons prochaines ces troubles de la gamétogenèse. »

Le 11 novembre 1930, un œuf fraîchement pondu renferme un premier fuseau non orienté à trois couples : les chromosomes sont épars, non orientés en plaque équatoriale. Le 24 janvier et le 4 avril 1931, trois nouveaux cas de figure irradiante; mais à partir du 5 avril tous les œufs pondus nous montrent des mitoses maturatrices, tantôt la première, plus souvent la deuxième avec le premier globule polaire dans son encoche. Sur une femelle sacrifiée nous recueillons 8 œufs dans les conduits. L'un est fixé : sa deuxième cinèse a environ 20 chromosomes clivés. Les 7 autres, imprégnés au sperme de *Crêté*, arrivent à la 9e heure sans clivage. A ce stade pourtant, une fixation nous révèle le couple amphimixique orienté sur 2 centres astériens. Mais les 7 spermies surnuméraires ont une évolution anormale; autant de monasters qui se sont achevés sur des groupes de 4 à 5 vésicules. Il semble bien que nous soyons aux derniers stades d'immaturité (nous avons décrit des figures semblables sur les œufs immaturés de *Molge palmata* imprégnés au sperme d'*Alpestris* [2])].

En tout cas, l'*amphimixie est possible :* mais les 6 œufs qui restent ne se diviseront pas.

Au printemps de la quatrième année, une femelle qui pond activement est isolée et sacrifiée au moment apparemment le plus propice. On tire 21 œufs de ses conduits : 7 sont imprégnés au sperme de *Crêté*, 14 au sperme de *Marbré*. C'est le double *croisement en retour* avec les mâles des 2 types d'où sont sortis les œufs de la génération F'. *Tous ces œufs réagissent.* Mais leur sort est très différent.

Dans la combinaison MC ♀ × M ♂, le clivage est bloqué après quelques incisions tardives et irrégulières : l'embryogenèse avorte. Dans l'autre, avec un matériel de moitié moindre, 6 œufs sur 7 se divisent à la perfection et parcourent tous les premiers stades embryonnaires dans les délais normaux. De superbes neurulas aboutissent au modelage de la tête et du bourgeon caudal; la larve se pigmente, développe ses balanciers. Mais vers le 20e jour, une hydropisie manifeste déforme ces produits dont pas un n'est parvenu à éclore.

Ces résultats si différents, mais uniformes dans chaque lot, ne sauraient

(1) E. Bataillon et Tchou Su, *Avortement de la gamétogenèse chez des hybrides d'Urodèles de deux ans* (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 690).

(2) E. Bataillon, *Études cytologiques et expérimentales sur les œufs immaturés de Batraciens* (*Arch. f. Entr. Mich.*, 117, 1929, p. 146-178).

s'expliquer par les combinaisons genétiques. En effet, la numération des couples de la deuxième mitose polaire sur 5 œufs pondus (1932) nous donne : 4 cas d'hypohaploïdie (avec déficience de 1 à 4), 1 cas d'hyperhaploïdie. Ces variations sont intelligibles par le couplage restreint que nous savons, et la répartition au hasard des chromosomes monovalents à la première division (elle a été vue chez le mâle, et elle semble bien exister aussi chez la femelle). Comme méiose, c'est le *type Drosera* de Tœckholm. Aucun choix n'est intervenu dans l'établissement de nos deux lots. D'ailleurs, le *problème de gamétogenèse* que pose la méiose troublée du mâle ne se présente plus de la même façon chez la femelle où le matériel promorphogène s'est élaboré en présence des deux stocks de l'hybride. On conçoit donc l'abolition de la spermiogenèse, l'autre sexe donnant, avec les mêmes perturbations de la méiose, des *œufs fécondables*, voire *capables d'embryogenèse*, puisque chaque croisement en retour met en jeu le stock haploïde intégral d'un des parents.

Pourquoi donc le clivage abortif dans la combinaison MC ♀ × M ♂, et l'embryogenèse correcte jusqu'au symptôme fatal vers l'éclosion, dans la fécondation MC ♀ × C ♂?

Sur un œuf MC × M de 14 heures, il y a 4 métaphases régulières et bien placées; mais les *asters polaires sont minuscules* et il n'y a pas moins de 30 noyaux mâles surnuméraires à spermasters réduits. *Réduction du gel*, *polyspermie forte*, voilà des symptômes trop précoces pour évoquer des nuances qualitatives entre stocks chromosomiques, surtout quand on a vu le *clivage régulier* dans les fécondations les plus hétérogènes.

Nos symptômes sont ici ceux d'une activation déficiente. Ces œufs hybrides sont plus réfractaires au *réactif sperme de Marbré qu'au réactif sperme de Crêté*. N'avons-nous pas vu du reste en 1929 des *œufs de Marbré immatures* devant le sperme de l'espèce se comporter comme mûrs vis-à-vis du sperme de *Crêté ?* (*loc. cit.*).

Quant à la combinaison MC × C, l'hydropisie qui surgit à la fin d'une embryogenèse apparemment correcte suppose une toute autre condition. Elle évoque le même symptôme, si constant chez toutes les ébauches haploïdes d'Anoures. Peut-être des considérations sur la masse chromatique des diverses spermies d'Urodèles (que nous développerons ailleurs) pourraient-elles nous en donner la clef. Mais il faudrait d'abord être fixés sur le sort définitif de ces élevages.

Au fond, nous ne voyons pas d'impossibilité à un développement total (mais *très sporadique*) de ces œufs hybrides, dans un croisement en retour.

Mais nous ne croyons pas à la fertilité des mâles. Les hybrides adultes proviendraient toujours, soit du *croisement direct*, soit d'un *croisement en retour* apparemment unilatéral.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur certaines surfaces tétraédrales.* Note [1] de MM. **Paul Mentré** et **O. Rozet**, transmise par M. Cartan.

1. Considérons dans l'espace projectif une surface non réglée (A_0). Employons la méthode et les notations du Mémoire de M. Cartan sur la *Déformation projective des surfaces* [2]. Associons donc au point mobile générateur A_0 le repère projectif normal $A_0A_1A_2A_3$ dont le déplacement infinitésimal met en évidence les invariants fondamentaux de la surface λ, μ, ν, ρ, α et β.

On voit aisément que la quadrique de Lie associée au point A_0 n'admet en dehors du point caractéristique quadruple A_0 que deux autres points caractéristiques doubles, lorsque l'un des deux invariants λ ou ρ est nul; d'ailleurs les deux cas $\lambda = 0$ et $\rho = 0$ sont analogues.

2. Supposons l'invariant ρ nul. Les deux points caractéristiques sont

$$A'_0 = A_3 + A_2\sqrt{\lambda} \qquad \text{et} \qquad A''_0 = A_3 - A_2\sqrt{\lambda}.$$

La droite $A'_0A''_0$ décrit une congruence W dont les points A'_0 et A''_0 sont les foyers. L'enveloppe de la quadrique de Lie comprend donc trois nappes : la surface donnée (A_0) et les deux surfaces (A'_0) et (A''_0).

Nous allons chercher si la correspondance établie entre les deux points caractéristiques A'_0 et A''_0, c'est-à-dire la correspondance établie par la congruence W, peut donner une application projective du deuxième ordre de la nappe (A''_0) sur la nappe (A'_0). Nous étudierons donc un cas très particulier d'un problème étudié par M. Čech [3].

3. Nous utiliserons la méthode de M. Cartan en associant aux points A'_0

---

[1] Séance du 17 août 1932.

[2] E. Cartan, *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 37, 1920, p. 259-356.

[3] G. Fubini et E. Čech, *Introduction à la géométrie différentielle des surfaces* (Paris, Gauthier-Villars, 1931, p. 249-253).

et A''_0 des repères projectifs (d'abord arbitraires) dont les premiers points sont respectivement A'_0 et A''_0, puis en cherchant à particulariser les deux repères $A'_0A'_1A'_2A'_3$ et $A''_0A''_1A''_2A''_3$ de manière à réaliser les équations de Pfaff exigées par une application projective.

On voit aisément que les invariants projectifs de la surface doivent satisfaire aux conditions $\alpha = 0$, $\mu = \nu = 1/2$, $\beta = 0$, λ constant. Rappelons que l'invariant ρ est supposé nul.

Les surfaces (A_0) considérées sont les seules qui fournissent une application projective des nappes (A'_0) et (A''_0); elles forment une intéressante famille de surfaces tétraédrales ne dépendant que d'une constante arbitraire λ. Les quatre coordonnées homogènes x_1, x_2, x_3, x_4 du point A_0 sont de la forme

$$x_i = e^{m_i u + n_i v} \qquad \text{avec} \qquad m_i = (n_i)^2.$$

Les quatre constantes n_i sont les racines de l'équation

$$n^4 - n - \lambda = 0.$$

Elles satisfont donc aux trois conditions

$$\Sigma n_i = 0, \qquad \Sigma (n_i)^2 = 0, \qquad n_1 n_2 n_3 n_4 \sum \frac{1}{n_i} = 1.$$

Les surfaces (A'_0) et (A''_0) sont d'ailleurs projectivement égales à la surface (A_0).

4. Considérons maintenant les deux nappes (A_0) et (A'_0). On voit aisément que ces deux nappes ne sont jamais mises en correspondance d'applicabilité projective. On a évidemment un résultat analogue pour les nappes (A_0) et (A''_0).

Mais étudions le cas particulier où les deux points (A'_0) et (A''_0) viennent se confondre. La quadrique de Lie n'admet alors plus que deux points caractéristiques quadruples A_0 et A_3. On constate que la nappe (A_3) n'est mise en correspondance d'applicabilité avec la surface (A_0) que dans un seul cas [1] pour lequel l'équation de la surface (A_0) est

$$x_1 x_2 x_3 (x_4)^{-3} = 1.$$

La normale projective $A_0 A_3$ passe par un point fixe.

Il est remarquable que le cas actuel rentre dans le problème étudié au

[1] L. Godeaux, *Sur la théorie des surfaces et l'espace réglé* (*Actes du Congrès international des Mathématiciens*, Bologne, 4, 1928, p. 355).

paragraphe 2 : il s'agit en effet du cas limite $\lambda = 0$. Lorsque λ est infiniment petit, les deux nappes infiniment voisines (A'_0) et (A''_0) ne sont pas en correspondance d'applicabilité projective avec la surface (A_0); elles n'acquièrent cette propriété qu'à la limite où les deux nappes se confondent.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la théorie des équations intégrales de Fredholm, avec application.* Note de M. **Georges Giraud**.

Si une fonction $F(X)$ est définie mais non sommable dans un domaine borné D de l'espace à m dimensions et si pourtant il existe une suite d'ensembles E_n, dont la mesure tend vers zéro, et tels que $\int_{D-E_n}^{(m)} F\,dV$ existe et tende vers une limite, on peut convenir de nommer cette limite la *valeur principale* de l'intégrale.

En particulier considérons une fonction

$$(1) \qquad G(X, \Xi) = \omega(X, P) L^{-m}(X, \Xi) + O[L^{h-m}(X, \Xi)] \qquad (h > 0,\ L = \text{distance}),$$

où P est le point qui a pour coordonnées les cosinus directeurs du vecteur $X\Xi$, et où l'on a $\int^{(m-1)} \omega\, dS_P = 0$, l'intégrale étant étendue à l'hypersphère de rayon *un*. Si ρ remplit une condition de Hölder (ou de Dini) et si X est intérieur au domaine D, nous nommerons *valeur principale* de

$$\sigma(X) = \int_D^{(m)} G(X, A)\,\rho(A)\,dV_A$$

la limite obtenue en excluant du champ une hypersphère infiniment petite de centre X. Prenons plus particulièrement $\omega = A(X)\cos\theta$, θ étant l'angle $(Ox, X\Xi)$ $(0 \leqq \theta \leqq \pi)$; nous supposerons en outre que G et ρ admettent la période *un* par rapport à chacune des coordonnées de X et de Ξ, et D sera le champ obtenu en faisant varier chaque coordonnée dans un intervalle d'amplitude *un* (champ sans frontière); enfin nous supposerons G constitué de façon que σ soit hölderien si ρ l'est. Alors si nous posons

$$f(X) = \int^{(m)} G(X, A)\,\sigma(A)\,dV_A, \qquad K(X, \Xi) = \int^{(m)} G(X, A)\,G(A, \Xi)\,dV_A,$$

on peut démontrer que

$$f(X) = \frac{-\pi^{m+1} A^2(X)}{m\Gamma^2[(m+1)/2]}\rho(X) + \int^{(m)} K(X, A)\,\rho(A)\,dV_A;$$

mais, si $m > 1$, $K(X, \Xi)$ est encore un noyau à intégrale principale ([1]) : c'est une fonction du type (1) où $2\Gamma^2[(m+1)/2]\omega$ a la valeur

$$\pi^{m+2)/2}\Gamma(m/2)[(m-1)\cos^2\theta - \sin^2\theta]A^2(X).$$

Ce n'est donc pas par itération que, si $m > 1$, on peut rendre la méthode de Fredholm applicable à l'équation intégrale

$$(2) \qquad \rho(X) - \lambda \int^{(m)} G(X, A)\rho(A)\,dV_A = \varphi(X);$$

si $m = 2$, on ne réussira pas mieux en renouvelant l'itération tant qu'on voudra.

Mais, si $m = 2$, nommons $H(X, \Xi)$ une fonction du type (1) où ω est

$$(1-k^2)\frac{(k^2+1)\cos\theta - 2k}{(2k\cos\theta - k^2 - 1)^2} \qquad \left[k = \frac{\sqrt{1 + 4\pi^2\lambda^2A^2(X)} - 1}{2\pi\lambda A(X)}\right];$$

soit de plus, toujours avec la même signification pour l'intégrale,

$$K(X, \Xi) = H(X, \Xi) - G(X, \Xi) - \lambda \int^{(2)} H(X, A)\,G(A, \Xi)\,dV_A;$$

on prouve alors que $K(X, \Xi) = O[L^{h-2}(X, \Xi)]$ et que

$$(3) \quad \rho(X)[1 + \lambda^2\Phi(X, \lambda)] + \lambda \int^{(2)} K(X, A)\rho(A)\,dV_A$$
$$= \varphi(X) + \lambda \int^{(2)} H(X, A)\varphi(A)\,dV_A \qquad [\lambda^2\Phi(X, \lambda) = \sqrt{1 + 4\pi^2\lambda^2A^2(X)} - 1],$$

et la méthode de Fredholm s'applique à cette équation. On a ainsi le moyen d'introduire, pour $m = 1$ ou 2, une fonction $N(X, \Xi, \lambda)$, méromorphe par rapport à λ dans une région comprenant l'axe réel, qui permet, si λ réel n'est pas un pôle de N, d'obtenir la solution par la formule

$$\rho(X) = \frac{\varphi(X)}{1 + \lambda^2\Phi(X, \lambda)} + \lambda \int^{(m)} N(X, A, \lambda)\varphi(A)\,dV_A$$

(Φ est indépendant de λ si $m = 1$), et il n'y a pas d'autre solution (premier théorème de Fredholm; ρ est hölderien si φ l'est, moyennant des hypothèses assez larges). Si λ réel est un pôle de N, on peut, grâce à l'équation

$$(\lambda - \mu)\int^{(m)} N(X, A, \lambda)N(A, \Xi, \mu)\,dV_A = \frac{1 + \lambda\mu\Phi(\Xi, \mu)}{1 + \mu^2\Phi(\Xi, \mu)} N(X, \Xi, \lambda) - \frac{1 + \lambda\mu\Phi(X, \lambda)}{1 + \lambda^2\Phi(X, \lambda)} N(X, \Xi, \mu),$$

([1]) Voir, pour le cas $m = 1$, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 244-246.

étudier le noyau comme dans le cas classique [1] et le résultat est le même : les deux autres théorèmes fondamentaux de Fredholm s'appliquent. Si $m = 1$, les théorèmes de Fredholm s'appliquent même à l'équation de première espèce, pourvu que Φ ne s'annule nulle part, mais la méthode actuelle n'indique pas si cela subsiste pour $m = 2$.

On peut étendre ce qui précède au cas des noyaux qui s'introduisent quand on veut traiter, pour une équation aux dérivées partielles du type elliptique à trois variables, des problèmes de conditions à la frontière comportant une dérivée suivant une direction oblique (non tangente) quelconque [2]; les cercles d'exclusion sont remplacés par des ellipses homothétiques; ces problèmes se traitent alors à peu près comme le problème de Neumann.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des matrices.* Note [3] de M. **Gr. C. Moisil**, présentée par M. Volterra.

Dans ses recherches sur les équations différentielles, M. V. Volterra [4] a introduit un processus d'intégration des matrices qu'il a défini de la manière suivante : si $X(t)$ est une matrice ayant les éléments fonction de t, il appelle intégrale de $X(t)$ la limite du produit [5]

$$(1) \qquad \overset{\curvearrowleft}{\int_a^b} (I + X\,dt) = \lim\,[I + X(\tau_{n-1})\,\Delta_{n-1}t]\ldots[I + X(\tau_0)\,\Delta_0 t]$$

(où $\Delta_i t = t_{i+1} - t_i$ sont les intervalles dans lesquels on a divisé l'intervalle $a, b : a = t_0 < t_1 < \ldots < t_n = b$ et τ_i un point de $\Delta_i t$, I la matrice unité); la limite est prise pour n tendant vers l'infini et tous les $\Delta_i t$ tendant vers zéro. Nous appelons cette limite intégrale de Volterra-Riemann bref intégrale V.-R..

---

(1) Voir Goursat, *Cours d'Analyse*, 3, 2e édition, Chap. XXXI, Section II, p. 391 et suiv.

(2) Des indications sur le cas de l'équation du type elliptique à deux variables sont contenues dans le premier travail cité. D'autres questions se traitent de façon analogue (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 478-480; 192, 1931, p. 471-473 et 1338-1340).

(3) Séance du 11 juillet 1932.

(4) V. Volterra, *Sui fondamenti della teoria delle equazioni differenziali lineari* (*Memorie della Società italiana delle Scienze*, 6, 1887, Mém. nº 8, et 12, 1902, p. 3).

(5) Les notations de M. Volterra sont un peu différentes.

M. L. Schlesinger [1] a étendu ces considérations en construisant pour les matrices une intégrale de Volterra-Lebesgue.

Nous nous proposons de montrer comment on peut construire une intégrale de Volterra-Stieltjes (V.-S.), qui sera la limite du produit

$$\overset{\curvearrowleft}{\int_a^b}(\mathrm{I}+\mathrm{X}\,d\mathrm{Y})=\lim[\mathrm{I}+\mathrm{X}(\tau_{n-1})\,\Delta_{n-1}\mathrm{Y}]\ldots[\mathrm{I}+\mathrm{X}(\tau_0)\,\Delta_0\mathrm{Y}], \tag{2}$$

où $\Delta_i\mathrm{Y}=\mathrm{Y}(t_{i+1})-\mathrm{Y}(t_i)$, $\mathrm{Y}(t)$ étant une matrice à variation bornée (telle que ses éléments soient des fonctions à variation bornée).

Si $\mathrm{Y}(t)$ est continue et à variation bornée, l'existence de la limite (2) peut être démontrée en employant la méthode de M. Volterra ou celle de M. Schlesinger. On voit en même temps que

$$\left\|\overset{\curvearrowleft}{\int_a^b}(\mathrm{I}+\mathrm{X}\,d\mathrm{Y})\right\|<e^{r\mathrm{MV}}, \tag{3}$$

M étant le maximum du module $\mathrm{X}(t)$ [2] et V la variation totale de $\mathrm{Y}(t)$.

Si $\mathrm{Y}(t)$ est discontinue, nous allons construire l'intégrale V.-S. par approximations. Soient $\mathrm{S}_g(t_i)$ et $\mathrm{S}_d(t_i)$ les sauts de la matrice $\mathrm{Y}(t)$ en t_i,

$$\mathrm{S}_g(t_i)=\mathrm{Y}(t_i)-\mathrm{Y}(t_i-0),\qquad \mathrm{S}_d(t_i)=\mathrm{Y}(t_i+0)-\mathrm{Y}(t_i), \tag{4}$$

$\mathrm{S}(t)$ la matrice fonction des sauts

$$\mathrm{S}(t)=\sum_{a<t_i\leqq t}\mathrm{S}_g(t_i)+\sum_{a\leqq t_i<t}\mathrm{S}_d(t_i) \tag{5}$$

et

$$\mathrm{Y}_0(t)=\mathrm{Y}(t)-\mathrm{S}(t) \tag{6}$$

la partie continue de $\mathrm{Y}(t)$; soient $t_1, t_2, \ldots, t_n, \ldots$ les points de discontinuité de $\mathrm{Y}(t)$, arrangés dans un ordre quelconque et

$$\mathrm{Y}_n(t)=\mathrm{Y}_0(t)+\sum_{\substack{a<t_i\leqq t\\ i\leqq n}}\mathrm{S}_g(t_i)+\sum_{\substack{a\leqq t_i<t\\ i\leqq n}}\mathrm{S}_d(t_i). \tag{7}$$

---

[1] L. SCHLESINGER, *Neue Grundlagen für einen Infinitesimal Kalkül der Matrizen* (*Mathematische Zeitschrift*, 33, 1931, p. 33).

[2] Le module de X, $\|\mathrm{X}\|$ est le plus grand des modules de ses éléments; r est le nombre des lignes et des colonnes de X.

On montre que $Y_n(t)$ converge vers $Y(t)$ uniformément de manière que, si n est assez grand, on ait

$$\text{variation totale } \| Y(t) - Y(t) \| < \varepsilon, \tag{8}$$

ε étant arbitrairement petit.

Pour calculer $\overset{\curvearrowleft}{\int_a^b} (I + X\,dY_n)$ nous rangeons $t_1, \ldots, t_n$ dans l'ordre naturel $t'_1 < t'_2 < \ldots < t'_n$ et remarquons que

$$I_n = \overset{\curvearrowleft}{\int_a^b} (I + X\,dY_n) = \left[\int_{t'_n+0}^{b} (I + X\,dY_0) \right] \times [I + S_g(t'_n)][I + S_d(t'_n)] \ldots \left[\int_a^{t'_1 - 0} (I + X\,dY_0) \right]. \tag{9}$$

On montre facilement que I_n tend vers une limite que nous désignerons par $\overset{\curvearrowleft}{\int_a^b} (I + X\,dY)$. Cette limite est indépendante de l'ordre $t'_1, t'_2, \ldots, t'_n$ dans lequel on a arrangé les discontinuités de $Y(t)$. Enfin on établit l'identité de cette définition et de celle donnée par (2).

L'intégrale (2) est l'extension de l'intégrale appelée par M. Volterra *intégrale gauche ;* on obtient l'intégrale droite si l'on considère la limite

$$\overset{\curvearrowright}{\int_a^b} (I + X\,dY) = \lim [I + X(\tau_0)\,\Delta_0 Y] \ldots [I + X(\tau_{n-1})\,\Delta_{n-1} Y], \tag{10}$$

qui jouit des mêmes propriétés.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *A propos de la sustentation d'un corps par battements.* Note [1] de M. **A. Aleyrac**, transmise par M. Henri Villat.

MM. Magnan et Sainte-Laguë [2] ont cherché à évaluer la puissance nécessaire pour maintenir un corps pesant à une altitude moyenne constante au moyen de battements d'ailes. Ils supposent que le corps tombe en chute libre pendant la période de remontée de l'aile (l'aile s'effaçant pen-

[1] Séance du 17 août 1932.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2082.

dant cette période et pouvant être remontée sans rencontrer de résistance) et qu'il est ensuite remonté à son altitude primitive par la force produite par la descente des ailes. On trouve que, pour produire cette remontée, le volateur fournit un travail $pg/8n^2$ et que la puissance nécessaire pour remonter le corps est $pg/8n$. Ce résultat, nous disent les auteurs, est en parfait accord avec ce que leur a donné l'étude expérimentale du vol de nombreux insectes ou oiseaux. Il est à craindre que ce résultat, parfaitement exact s'il ne s'agit que du travail de remontée, soit mal interprété par des lecteurs peu avertis, et qu'on n'en tire une conclusion inexacte, à savoir que la puissance nécessaire pour maintenir en l'air un poids p avec n battements par seconde est $pg/8n$, avec le mode de vol consistant à faire déplacer simplement une aile plane et rigide tournant autour d'une charnière. Le mode de vol des insectes est assez compliqué, et là réside peut-être le secret des faibles puissances obtenues, semble-t-il, par la nature. Le calcul va nous montrer qu'elles sont *très considérables* dans l'hypothèse du plan rigide.

Je prends l'hypothèse des auteurs que je vais simplifier à l'extrême pour rendre l'exposé plus clair, les simplifications étant d'ailleurs de nature à diminuer la puissance nécessaire. J'admettrai une aile battant dans un plan vertical, restant horizontale pendant la descente et s'effaçant pendant la montée. J'admettrai de plus que son déplacement par rapport à l'appareil est tel que sa vitesse reste constante par rapport à l'air pendant la descente.

Nous supposerons le mouvement divisé en deux phases d'égale durée. Pendant la première phase, l'appareil abandonné à la suite de la phase précédente avec une vitesse v_0 descend en chute libre. Il atteint, au bout du temps t_1, l'altitude $v_0 t_1 - 1/2\, g t_1^2$ avec une vitesse $v_0 - g t_1$.

Si, à ce moment, on lui applique une force verticale ascendante F,

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} - g, \qquad v = \left(\frac{F}{m} - g\right) t + v_0 - g t,$$
$$e = \left(\frac{F}{m} - g\right) \frac{t^2}{2} + (v_0 - g t_1)\, t + v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2.$$

Pour qu'il revienne au point de départ au bout d'un temps t_1, avec la même vitesse v_0,

$$\left(\frac{F}{m} - g\right) t_1 + v_0 - g t_1 = v_0, \qquad \text{ou} \qquad F = 2p$$

et

$$\left(\frac{F}{m} - g\right) t_1^2 + (v_0 - g t_1)\, t_1 + v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = 0,$$

ce qui donne, en tenant compte de la relation précédente, la valeur de la vitesse initiale au moment de la chute libre,

$$v_0 = \frac{gt_1}{2}.$$

La force que doit développer l'appareil sustentateur pendant la moitié du temps est donc égale au double du poids

$$F = 2p.$$

Le travail nécessaire pendant cette période sera, si la pale a une vitesse constante V par rapport à l'air,

$$T = FVt_1 = KSV^3t_1 \qquad \text{avec} \qquad KSV^2 = 2p,$$

et la puissance à fournir pendaut le temps $2t_1$,

$$W = \frac{KSV^3}{2} = \sqrt{2}\,\frac{p^{\frac{3}{2}}}{K^{\frac{1}{2}}S^{\frac{1}{2}}}$$

ou, pour $K = 0,08$,

$$W = 5\sqrt{\frac{p^3}{S}}.$$

Pour $p = 100^{kg}$, $S = 1^{m^2}$, $K = 0,08$,

$$W = 5000^{kgm} \text{ par seconde.}$$

La puissance nécessaire est indépendante de la fréquence. Mais, si l'on se donne la course c, de l'aile pendant la descente, $c = Vt_1$. En effet, la vitesse de l'aile par rapport au corps, pour que la vitesse relative soit égale à V, est

$$V \pm v = V - g(t - t_1) - v_0 = V + \frac{gt_1}{2} - gt$$

puisque $v_0 = gt_1/2$, et l'espace parcouru pendant ce temps t_1 est

$$c = Vt_1 \qquad \text{et} \qquad W = \frac{pc}{t_1}.$$

Si l'on se donne le poids et la course de l'aile, la puissance nécessaire sera proportionnelle à la fréquence et la surface inversement proportionnelle au carré de la fréquence. Si l'on se donne le poids, la surface et la course de l'aile, la fréquence sera déterminée. Une aile de 1^{m^2} avec battement de l'amplitude de 1^m exigera pour maintenir un poids de 100^{kg} une puissance de 5000^{kgm} ou 66,6 chevaux, et devra avoir 25 battements par seconde.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La théorie d'Einstein et Mayer et les équations de Dirac.* Note [1] de M. **J. Solomon**, transmise par M. Émile Borel.

Le succès de la théorie unitaire d'Einstein et Mayer (*Berl. Berichte*, 35, 1931) pose le problème de ses rapports avec l'équation relativiste de Dirac. Nous indiquerons les traits essentiels de la solution ci-dessous, réservant les détails pour une publication ultérieure.

Nous utilisons un système de coordonnées riemanniennes réelles ($x_1 = x$, $x_2 = y$, $x_3 = z$, $x_4 =$ const.; la cinquième coordonnée a le caractère spatial) et les indices s'y rapportant $e_1 = e_2 = e_3 = e_4 = -1$, $e_4 = 1$. En chaque point on introduit deux systèmes d'axes, l'un cartésien (noté par des indices surlignés), l'autre oblique (noté par des indices ordinaires). Toutes les relations doivent être invariantes vis-à-vis des rotations de ces deux systèmes (absence de parallélisme à distance). On passe des composantes d'un vecteur dans l'un des systèmes à ses composantes dans l'autre au moyen des relations

$$(1) \qquad a_{\bar\sigma} = h^{\sigma}_{\bar\rho} a_{\sigma},$$

Les moments $h_{\bar\rho,\sigma}$ étant définis par les relations d'orthogonalité

$$(2) \qquad e_{\bar\rho} = h^{\nu}_{\bar\rho} h_{\bar\rho,\mu} = \delta_{\mu\nu}$$

Soit le système de matrices d'ordre quatre E^{μ} défini par

$$(3) \qquad E^{\bar\mu} E^{\bar\nu} e_{\bar\nu} + E^{\bar\nu} E^{\bar\mu} e_{\bar\mu} = 2 e_{\bar\mu} \delta_{\bar\mu\bar\nu}$$

et

$$(4) \qquad E^{\mu} = e_{\bar\nu} h^{\mu}_{\bar\nu} E^{\bar\nu}.$$

l'équation de Dirac peut dans ces conditions s'écrire

$$(5) \quad E^k p_k \psi - mc E^5 \psi = \frac{h}{2\pi i} E^k \left(\frac{\partial \psi}{\partial x^k} - C_k \psi \right) - mc E^5 \psi = 0 \qquad (k = 1, 2, 3, 4),$$

où

$$(6) \qquad C_k = C^0_k + 2\sqrt{\varkappa} E^l E^5 F_{lk} + \frac{2\pi i e}{hc} \varphi_k$$

(C^0_k, partie gravitationnelle pure) est identique avec le C_k de Fock [2];

---

(1) Séance du 17 août 1932.

(2) V. Fock, *Z. Physik*, 57, 1929, p. 261; *J. Physique*, 10, 1929, p. 392.

F_{lk} est le tenseur de champ électromagnétique, $\varkappa$ la constante de gravitation d'Einstein, φ_k le quadrivecteur potentiel). Le second terme apparaît pour la première fois dans la théorie mais est trop faible (par suite de l'intervention de $\varkappa$) pour apporter des modifications aux résultats antérieurs.

Le courant a pour expression

$$s^l = \psi^* E^l \psi. \tag{7}$$

Quant au tenseur énergie-quantité de mouvement $T^{\alpha q}$, il est la partie réelle de

$$c(\psi^* E^q p^\alpha \psi + \psi^* E^\alpha p^q \psi). \tag{8}$$

Égaler sa divergence à zéro fournit les relations

$$T^{lq}_{;q} = e s^q F^l_q, \tag{9}$$

$$e s^q_{;q} = 0. \tag{10}$$

Autrement dit la relation $T^{\alpha q}_{;q} = 0$ condense les quatre équations du tenseur énergie-quantité de mouvement et de conservation du courant. Si d'autre part on calcule explicitement à partir des équations de Dirac $T^{lq}_{;q}$, on trouve, à partir de (10),

$$F_{lk} = \frac{\partial \varphi_l}{\partial x^k} - \frac{\partial \varphi_k}{\partial x^l}.$$

Autrement dit, la théorie que nous présentons permet de déduire des postulats géométriques de la théorie d'Einstein et Mayer la signification du vecteur φ_e qui reste ouverte dans les théories antérieures de l'équation de Dirac dans le champ de gravitation.

POLARIMÉTRIE. — *Mesure photo-électrique de la dispersion rotatoire de quelques sucres dans le début de l'ultraviolet.* Note de MM. **G. Bruhat** et **P. Chatelain**, transmise par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente, nous avons décrit un polarimètre photo-électrique qui permet de faire les pointés polarimétriques avec une erreur ne dépassant pas, pour un pointé isolé, 4 à 5 minutes. En tenant compte des erreurs qui sont liées à la rotation de l'analyseur, on peut espérer mesurer une rotation de l'ordre de 30 à 60° avec une erreur relative inférieure à 1/200 pour un seul pointé, et peut-être inférieure à 1/400 pour la moyenne d'une série de mesures. Pour vérifier que cette précision est

effectivement atteinte en service normal, nous avons mesuré pour quelques sucres les *rapports de dispersion* $m = \alpha_D/\alpha_\lambda$ la rotation α_D étant obtenue visuellement avec un polarimètre Jobin-Yvon éclairé par une lampe à sodium Osram, et la rotation α_λ étant obtenue photo-électriquement. Sauf pour les mesures du Tableau II, la cellule était une cellule Fotos au potassium et les radiations employées étaient les raies 4358, 4056 et 3657 de l'arc au mercure; ces deux dernières longueurs d'onde sont celles des centres de gravité optiques, pour notre polarimètre photo-électrique, des groupes de raies que notre monochromateur ne sépare pas.

Une première série de mesures a été faite sur des solutions de saccharose, pour lequel les rapports m sont déjà connus jusqu'à 3826 A, par des mesures de Lowry et Richards (¹), bien représentées par la formule :

$$[\alpha] = \frac{21,648}{\lambda^2 - 0,0213}.$$

Le Tableau I donne les valeurs moyennes des rapports m obtenus pour six solutions différentes, ainsi que l'écart moyen et l'écart maximum observé pour chaque raie.

TABLEAU I.

Longueurs d'onde λ	5461.	4358.	4056.	3657.
Moyennes m	0,849	0,517	0,437	0,347
Écart moyen δm	0,001	0,002	0,001	0,002
Écart maximum Δm	0,003	0,003	0,002	0,004
Formule de Lowry m	0,850	0,518	0,438	0,345

Les valeurs des écarts δm et la comparaison de nos nombres avec la formule de Lowry montrent que la précision de 1/200 est effectivement atteinte.

Nous avons également fait des mesures pour des longueurs d'onde plus courtes avec une cellule Pressler au sodium à enveloppe de quartz. Voici les nombres obtenus, comparés à ceux que donne la formule de Lowry et Richards :

TABLEAU II.

λ	4358.	4056.	3341.	3130.	3021.
m observé	0,516	0,439	0,275	0,236	0,216
m calculé	0,518	0,437	0,277	0,235	0,215

(¹) T. M. LOWRY et E. M. RICHARDS, *Journ. Chem. Soc. of London*, 125, 1924, p. 2511.

Nos mesures photo-électriques montrent, comme les mesures photographiques récemment publiées par Servant ([1]), que *la formule de Lowry et Richards reste valable au delà de la région spectrale pour laquelle elle a été établie*.

Le Tableau I, où la première colonne correspond à des mesures purement visuelles, montre que l'erreur absolue δm n'est pas plus grande pour les mesures photo-électriques du début de l'ultraviolet que pour les mesures visuelles. Comme la différence $m' - m$ des rapports de dispersion de deux corps à dispersion simple varie, avec la longueur d'onde, proportionnellement à $1 - m$, il en résulte qu'une petite différence de dispersion entre deux corps sera plus facile à mesurer par polarimétrie photo-électrique que par polarimétrie visuelle. C'est ce que nous avons vérifié en déterminant les dispersions de solutions de glucose, de lévulose et de sucre interverti ; voici les rapports de dispersion obtenus, chaque nombre étant la moyenne des valeurs trouvées pour 6 à 8 solutions différentes :

TABLEAU III.

	λ	5890.	4358.	4056.	3657.
m	saccharose	1	0,517	0,437	0,347
	glucose	1	0,509	0,430	0,339
	lévulose	1	0,514	0,440	0,350
	sucre interverti	1	0,517	0,447	0,361

Le lévulose et le saccharose ont des dispersions très voisines, tandis que le glucose est nettement plus dispersif et le sucre interverti nettement moins. Les dispersions rotatoires du glucose et du lévulose sont bien représentées par les formules de dispersion simple :

$$[\alpha]_{\text{glucose}} = \frac{A}{\lambda^2 - 0,0254}, \qquad [\alpha]_{\text{lévulose}} = \frac{B}{\lambda^2 - 0,0210}.$$

Quant aux valeurs de m obtenues pour le sucre interverti, ce sont bien celles que l'on peut déduire, par la loi des mélanges, des valeurs obtenues pour le glucose et le lévulose.

Les mesures que nous avons pu faire sont certainement moins précises que des mesures photographiques, mais *elles sont infiniment plus rapides*. C'est ainsi que nous avons pu utiliser notre appareil à suivre la mutarotation du glucose à l'aide des deux raies 4056 et 3657. Ces mesures, dont nous

([1]) SERVANT, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1932.

donnerons le détail dans un autre Recueil, ont été faites comparativement avec des mesures visuelles pour la raie D, dans les mêmes conditions de rapidité; au début de la mutarotation, les pointés se succédaient à intervalles de 3 minutes environ, cet intervalle comprenant le temps nécessaire au déplacement de la fente du monochromateur pour passer d'une radiation à l'autre et le temps nécessaire à l'exécution du pointé polarimétrique. La discussion des résultats montre que, dans ces conditions, *les erreurs accidentelles sont plutôt plus faibles pour les mesures photo-électriques que pour les mesures visuelles*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'allolactose*. Note (1) de MM. **Michel Polonovski** et **Albert Lespagnol**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons, dans une Note précédente, donné les caractères principaux de deux nouveaux sucres contenus dans le lait de femme : le gynolactose et l'allolactose. De nouvelles recherches nous ont permis d'étendre notre étude à la constitution de ces osides, en même temps qu'elles nous ont révélé l'existence d'autres dérivés glucidiques ou glycoprotidiques, très peu réducteurs et insolubles dans l'alcool méthylique. Mais nous limiterons cette Note à l'étude de l'allolactose, le seul sucre que nous ayons isolé actuellement à l'état pur. Cet oside, très soluble dans l'eau et le méthanol, peu soluble dans l'éthanol, insoluble dans l'acétone, possède un pouvoir rotatoire égal à $+25^{\circ}$. Son pouvoir réducteur, très analogue à celui du lactose, est tel que le rapport des poids de cuivre obtenus lors de la réduction des liqueurs cupropotassiques, après et avant hydrolyse, par une même quantité de sucre, est voisin de 1,52 au lieu de 1,42 pour le lactose.

L'allolactose donne une osazone jaune d'or, mais brunissant très rapidement à l'air. Elle est soluble dans l'eau bouillante d'où elle cristallise par refroidissement. Ses solutions dans la pyridine sont fortement lévogyres. L'allolactose se comporte, vis-à-vis de l'oxydation par l'iode, en milieu alcalin, comme un aldobioside. Il donne, par hydrolyse, un mélange de sucres dont le pouvoir rotatoire spécifique, $+65^{\circ}$, correspond à un mélange équimoléculaire de glucose et de galactose, identifiés le premier par son osazone, le second par oxydation en acide mucique.

(1) Séance du 17 août 1932.

L'allolactose, hydrolysable en 4 jours à 35°, par l'émulsine, est un oside β.

Nous avons effectué, sur ce bioside, les essais classiques qui permettent de déterminer l'ose porteur du groupement réducteur : *a*. hydrolyse de l'acide obtenu par oxydation du groupe aldéhydique à l'aide du brome ou de l'iode; *b*. hydrolyse de l'osazone, en milieu fortement acide, pour détruire l'osone du second hexose; *c*. hydrolyse de la cyanhydrine, préparée par action de KCN sur le sucre. Dans tous les cas, l'hexose réducteur restant est évidemment celui qui, dans le bioside, ne portait pas le groupement réducteur.

Ces réactions ne présentent pas de difficultés spéciales dès qu'on les effectue sur une assez grande quantité de sucre pur, mais il n'en est plus de même lorsqu'on ne dispose que de quelques décigrammes d'oside. Aussi avons-nous été contraints d'utiliser des produits impurs, souillés encore de matières azotées lévogyres, pour partir au moins de quelques grammes de matière première. Il en était résulté, dans nos premiers essais d'hydrolyse de l'acide allolactobionique, une certaine indécision provenant de la présence d'impuretés, et nous avions alors cru à la nature glucosidique de l'allolactose.

Les expériences que nous relatons ici nous permettent de rectifier cette erreur et d'attribuer à notre nouveau sucre la formule d'un galactosido-glucose.

1° 2^{g} d'allolactosazone (F. 176°) sont traités à l'ébullition 1 heure et demie avec 50^{cm^3} d'acide chlorhydrique au vingtième. Après clarification au noir animal, on obtient une solution légèrement jaunâtre qui, traitée par la phénylhydrazine, donne une nouvelle osazone, assez peu soluble dans l'eau chaude. Examinée au microscope, elle se présente sous l'aspect habituel de la galactosazone et l'on n'y distingue aucune gerbe caractéristique de glucosazone.

2° $1^{g},25$ d'allolactose, dissous dans 25^{cm^3} d'eau, sont additionnés de 3^{g} de CNK et abandonnés à 37° pendant 14 jours. On enlève l'excès de cyanure par SO^4Ag et l'excès d'argent par H^2S. On chasse l'excès de H^2S et l'on hydrolyse, par ébullition, en milieu sulfurique à 1 pour 100. On neutralise ensuite par CO^3Ba et l'on concentre le filtrat sous pression réduite. Les sels minéraux se déposent et, dès que le volume de la solution atteint 20^{cm^3}, on filtre. Cette solution traitée par la phénylhydrazine donne une osazone n'apparaissant que par refroidissement et présentant au microscope l'aspect de la galactosazone, sans trace de glucosazone.

D'autre part, la même solution, additionnée, d'abord d'alcool pour précipiter les sels, puis de méthylphénylhydrazine, fournit une hydrazone, peu soluble fondant à 197°, comme la galactoseméthylphénylhydrazone. L'allolactose est donc un β-*d*-galactosido-*d*-glucose, isomère du lactose qui est le 4(β) *d*-galactosido-*d*-glucose.

La solution complète de la constitution de l'allolactose peut encore être serrée de plus près. L'attache au carbone 2 devant être écartée puisque ce sucre donne une osazone, il ne reste plus que la possibilité d'une liaison en 3 ou en 6, ou bien l'hypothèse d'une forme instable furanique, pour l'un ou l'autre des deux hexoses. Or le 6(β) galactosidoglucose a été obtenu par synthèse [1]. Les constantes publiées sont un peu différentes de celles de l'allolactose ($\alpha_D = +35°$ au lieu de $+25°$; osazone fondant « *vers* » 185° au lieu de 170°); comme elles se rapportent peut-être à des produits encore impurs, l'identité de l'allolactose et du 6(β) *d*-galactosido-*d*-glucose reste en suspens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoolyse des éthers-sels par les alcoolates et les phénolates organomagnésiens mixtes.* Note [2] de MM. **D. Ivanoff** et **T. Roustcheff**, transmise par M. V. Grignard.

Les éthers-sels subissent sous l'action des alcoolates et des phénolates organomagnésiens mixtes une alcoolyse,

$$R.CO^2.R_1 + R'.O.MgX \rightleftharpoons R.CO^2.R' + R_1.O.MgX.$$

Nous avons fait trois séries d'expériences. Dans la première série de réactions, entre des éthers-sels alcooliques d'acides monocarboxyliques et des alcoolates, nous avons constaté que les radicaux lourds, R', des alcoolates déplacent les radicaux plus légers, R_1, des éthers-sels.

Dans la seconde série de réactions, entre des éthers-sels phénoliques d'acides monocarboxyliques et des alcoolates, les radicaux aryliques, R, sont, en partie, déplacés par les radicaux alcoyliques, R'. La réaction inverse n'a presque pas lieu. Or il faut noter que les phénolates sont beaucoup plus insolubles dans l'éther que les alcoolates.

---

(1) Helferich, Burckhart et Rauch, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 59, 1926, p. 2655.

(2) Séance du 17 août 1932.

Enfin, dans la troisième série de réactions, entre des éthers-sels d'acides dicarboxyliques et des alcoolates, nous avons cherché à préparer des éthers-sels mixtes en remplaçant les radicaux alcooyliques par d'autres radicaux alcooyliques plus lourds. Ces éthers-sels mixtes se font seulement avec un rendement de 20 à 26 pour 100, car une partie de la matière première est transformée en éther-sel symétrique, correspondant à l'alcoolate magnésien.

Le mode opératoire, pour la première série d'expériences est le suivant : On prépare $\frac{15}{100}$ mol/gr de réactif de Grignard (¹) avec environ 150^{cm^3} d'éther et on l'oxyde complètement, à 0° et en vase clos (²). On ajoute $\frac{15}{100}$ mol/gr d'éther-sel, dissous dans 50^{cm^3} d'éther, et l'on chauffe, au réfrigérant ascendant, pendant 5 heures. Le mélange réactionnel est hydrolysé avec précaution, à 0°, afin d'éviter toute saponification. On extrait, trois fois, à l'éther, lave la solution éthérée, avec 5 à 10^{cm^3} d'eau, on sèche sur du chlorure de calcium et distille l'éther avec une grande colonne de Vigreux. Finalement, le produit est soumis à une distillation fractionnée. La fraction contenant l'éther-sel cherché contient aussi l'alcool correspondant; on effectue le dosage par saponification, en milieu éthylique.

Les phénolates sont préparés par réaction des phénols sur $C^2H^5.MgBr$. Dans nos essais avec ces corps, nous avons chauffé, au réfrigérant ascendant, pendant 10 heures. Après hydrolyse, le phénol, libéré du phénolate qui n'a pas réagi, est extrait avec une solution refroidie de soude caustique.

Les résultats des deux premières séries sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Éther-sel.	Alcoolate ou phénolate.	Éther-sel obtenu, dosé dans la fraction.	Rendement en grammes.	Rendement pour 100.
		Première série.		
$CH^3.CO^2.CH^3$	$i - C^5H^{11}.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^5H^{11} - i$, 130-138°,5	13,5	69,2
$CH^3.CH^2.CO^2.C^5H^{11} - i$	$CH^3.O.MgI$	$CH^3.CH^2.CO^2.CH^3$, 40-103°	0,3	2,3
$CH^3.CH^2.CO^2.C^5H^{11} - i$	$C^2H^5.O.MgBr$	$CH^3.CH^2.CO^2.C^2H^5$, 60-124°	3,2	20,9
$CH^3.CO^2.CH^3$	$n - C^4H^9.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^4H^9$, 115-124°	10,95	62,9
$CH^3.CO^2.C^2H^5$	$C^6H^5.CH^2.O.MgCl$	$CH^3.CO^2.CH^2.C^6H^5$, >145°	7,4	32,9
$CH^3.CO^2.CH^2.C^6H^5$	$C^2H^5.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^2H^5$, 40-80°	2,8	21,2
		Deuxième série.		
$CH^3.CO^2.C^2H^5$	$C^6H^5.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^6H^5$	traces	—
$CH^3.CO^2.C^6H^5$	$C^2H^5.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^2H^5$, 40-92°	6,5	49,2
$CH^3.CO^2.C^2H^5$	$p.CH^3.C^6H^4.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^6H^4.CH^3.p$, >155°	1,1	5,0
$CH^3.CO^2.C^6H^4.CH^3.p$	$C^2H^5.O.MgBr$	$CH^3.CO^2.C^2H^5$, 40-80°	3,5	26,7
$H.CO^2.C^5H^{11} - i$	$p.CH^3.C^6H^4.O.MgBr$	$H.CO^2.C^6H^4.CH^3.p$, >150°	0,34	2,3

(¹) On tient compte du rendement, d'après les tables de H. Gilman, E. A. Zoellner et J. B. Dickey (*J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1576).

(²) D. Ivanoff, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 47.

Les essais de la troisième série ont été faits avec 2/10ᵉ mol/gr d'éther-sel et 25/100ᵉ mol/gr d'alcoolate.

Nous avons appliqué la méthode à trois éthers-sels d'acides dicarboxyliques, et deux des éthers-sels mixtes obtenus étaient encore inconnus.

L'*oxalate d'éthyle et i* — $C^5H^{11}OMgBr$ ont donné l'*oxalate d'éthyle et d'isoamyle* avec un rendement de 26,1 pour 100. Il bout à 112-114°, sous 20^{mm}, et à 218-219°, sous $713^{mm},5$.

Analyse. — Substance, $0^g,1843$; CO^2, $0^g,3860$; H^2O, $0^g,1372$. Trouvé pour 100 : C, 57,01 ; H, 8,30. Calculé pour $C^9H^{16}O^4$: C, 57,40; H, 8,50.

Le *carbonate d'éthyle et i* — $C^5H^{11}OMgBr$ ont donné le *carbonate d'éthyle et d'isoamyyle* (175-176° sous 18^{mm}), avec un rendement de 23,6 pour 100.

Le *malonate d'éthyle et i* — $C^5H^{11}OMgBr$ ont donné le *malonate d'éthyle et d'isoamyle* avec un rendement de 20 pour 100. Cet éther bout à 120-122°, sous 17^{mm}.

Analyse. — Substance, $0^g,1541$; CO^2, $0^g,2501$; H^2O, $0^g,1220$. — Trouvé pour 100 : C, 59,10 ; H, 8,82. Calculé pour $C^{10}H^{18}O^4$: C, 59,40; H, 8,90.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Influence de la nature géologique du sol et de la minéralisation des eaux d'alimentation sur la fréquence du cancer chez l'homme.* Note [1] de MM. **F. Blanchet** et **L. Bethoux.**

Peu de sujets ont été envisagés à des points de vue aussi divers que celui du cancer et de la cancérose ; mais les conditions qui président à l'origine et au développement des tumeurs malignes chez l'homme restent des plus obscures. Depuis longtemps cependant on a remarqué que le milieu extérieur, dans lequel vit l'individu, a son importance : le climat, le degré d'humidité du sol, la nature du terrain, sont autant de facteurs pouvant influencer l'apparition du cancer chez l'homme.

Il ne semble pas toutefois que la constitution géologique du sol ait été, jusqu'ici, prise en considération, du moins au sens large et les diverses remarques basées sur la répartition des terrains magnésiens ne nous paraissent pas seules devoir retenir l'attention ; d'autres éléments minéraux contenus dans les divers terrains doivent être pris en considération, car ils peuvent intervenir dans le développement du cancer, le potassium et le calcium en particulier.

---

(1) Séance du 17 août 1932.

Le département de l'Isère, qui a été le point de départ de nos observations préliminaires, se prête, par sa constitution géologique même, à des remarques générales.

Les vallées du Drac et de l'Isère délimitent en effet, dans ce département, deux régions très différentes : au Sud-Est une région constituée par des terrains très anciens, en majeure partie cristallins (Massifs de Belledonne et du Pelvoux), représentés surtout par des gneiss, des micaschistes et des granites; au Nord-Ouest une région formée de terrains beaucoup plus récents, dans lesquels les roches calcaires jouent un rôle prépondérant (Jurassique supérieur, Crétacé inférieur, Crétacé supérieur, etc.).

Or, de la première enquête à laquelle nous nous sommes livrés, il résulte que la mortalité par cancer est nettement plus accusée dans la partie nord-ouest, de constitution surtout calcaire, que dans la partie sud-est, d'origine ancienne et de constitution cristalline. La fréquence paraît donc présenter des relations avec la constitution géologique du sol.

Nous avons voulu nous rendre compte, en consultant les statistiques de la mortalité par cancer pour d'autres régions de notre pays, si ces relations se vérifiaient. Nous avons consulté les cartes de la mortalité par cancer en France, des années 1920 et 1931 [1]. Représentant la mortalité générale de deux années différentes, assez éloignées l'une de l'autre, elles ont été choisies pour obtenir une moyenne plus exacte; d'ailleurs leurs différences sont légères et, d'une façon générale, les rapports de mortalité des divers départements y sont sensiblement respectés. Aussi avons-nous basé nos observations sur une moyenne entre ces deux documents.

Nous avons attribué à chaque département un indice moyen de mortalité exprimé par :

Le chiffre	1	pour une mortalité de	1 à 25	pour 100000 habitants.
»	2	»	25 à 50	»
»	3	»	50 à 75	»
»	4	»	75 à 100	»
»	5	»	100 à 125	»
»	6	»	au-dessus de 125	»

[1] Cartes publiées chaque année dans le Bulletin trimestriel de la « *Ligue française contre le cancer* » et établies d'après les listes officielles de la Statistique du mouvement de la population française, dressées par les soins du Sous-Secrétariat d'État de l'Économie nationale.

et nous avons mis en parallèle les deux régions naturelles les plus nettes et les plus opposées de notre territoire :

A. Le Bassin de Paris, constitué par des terrains récents avec prédominance de terrains calcaires;

B. Le Massif Central, formé par des roches cristallines, principalement par des granites, des granulites, des gneiss, des micaschistes, etc. à éléments (silice et silicates divers) peu solubles.

Nos observations peuvent être résumées dans le tableau suivant :

Bassin de Paris.

Départements.	Indice moyen de mortalité par cancer.	Départements.	Indice moyen de mortalité par cancer.
Pas-de-Calais	3,5	Eure	4
Somme	6	Seine-et-Oise	5
Seine-Inférieure	5,5	Seine-et-Marne	5
Nord	5	Aube	5,5
Aisne	5	Eure-et-Loir	5
Oise	5	Loiret	5,5
Marne	5,5	Loir-et-Cher	6

Massif Central.

Départements.	Indice moyen de mortalité par cancer.	Départements.	Indice moyen de mortalité par cancer.
Allier	3,5	Cantal	2,5
Haute-Vienne	3,5	Haute-Loire	3,5
Creuse	2,5	Aveyron	1,5
Corrèze	3	Lozère	1

Nos remarques préliminaires sur le département de l'Isère semblent donc se généraliser. D'après les chiffres fournis, la fréquence du cancer est bien plus grande dans le Bassin de Paris que dans le Massif Central.

Or, les régions cristallines offrent aux habitants des eaux assez pures et très peu minéralisées ; d'après les documents publiés par Imbeaux [1], le degré hydrotimétrique total des eaux du Massif Central varie de 1,9 à 8,9; dans le Bassin de Paris, au contraire, il est beaucoup plus élevé et varie de 20 à 40. Les mêmes observations se répètent pour le département de l'Isère,

[1] E. Imbeaux, *Essai d'hydrogéologie*, Paris, 1930.

où le degré hydrotimétrique des eaux de la région cristalline varie de 2 à 9 ou 10 alors que dans le reste du département il atteint de 17 à 35.

Il semble bien, dès lors, qu'il y ait lieu de ne point négliger, dans les recherches portant sur l'étiologie du cancer, l'étude du sol sur lequel vivent les individus.

M. **Marcel Baudouin** adresse une Note intitulée *Époque d'apparition de la culture du Blé en France démontrée par les Faucilles Paléolithiques*.

La séance est levée à 15ʰ 15ᵐ.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 18 juillet 1932.)

Note de M. *Q. Majorana*, Sur un nouveau phénomène photo-électrique :

Page 226, ligne 5 de la Note, et page 227, ligne 11, *au lieu de* μ, *lire* $\mu\mu$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 12 décembre.

HYDRAULIQUE. — *La similitude des ouvrages courts : expériences sur la grande forme de radoub du port du Havre.* Note (¹) de MM. **C. Camichel**, **F. Beau** et **L. Escande**.

Nous avons déjà effectué diverses études (²) concernant la similitude des ouvrages courts, c'est-à-dire des systèmes hydrauliques dans lesquels les pertes de charge sont proportionnelles au carré de la vitesse, dès que le nombre de Reynolds dépasse une certaine valeur, caractéristique de l'ouvrage étudié. La fonction φ entrant dans l'expression générale des pertes de charge $\Delta p = \rho V^2 \varphi(VD/\nu)$ est alors constante, et la similitude hydrodynamique existe entre divers modèles géométriquement semblables, sans qu'il soit nécessaire de réaliser l'égalité des nombres de Reynolds caractéristiques des mouvements que l'on compare.

En particulier, dans les expériences effectuées sur le collecteur de l'usine de Miègebat, de la Compagnie du Midi, nous avons pu étudier des conduites industrielles pour des nombres de Reynolds atteignant 3000000,

---

(¹) Séance du 8 août 1932.

(²) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 752; 182, 1926, p. 881; 191, 1930, p. 750; 192, 1931, p. 825.

mais l'influence notable de la rugosité et des irrégularités de construction des parois, dont il est impossible de réaliser la similitude géométrique, avait introduit de nettes divergences entre les résultats obtenus sur l'ouvrage et ceux que l'on avait déduits des mesures faites sur les modèles réduits.

Dans ces conditions, il était nécessaire de rechercher une meilleure confirmation expérimentale des lois de similitude des ouvrages courts. C'est ce que nous a permis de réaliser l'étude du remplissage de la forme de radoub du port du Havre, l'une des plus grandes existant dans le monde, sur l'ouvrage lui-même, et sur un modèle réduit à l'échelle 1/25; cette étude réunit un certain nombre de conditions qui sont, en effet, particulièrement intéressantes et favorables :

1° Les vitesses atteintes par l'eau et les dimensions des aqueducs correspondent à la mise en jeu de nombres de Reynolds très élevés, allant jusqu'à 7000000; la fonction φ n'a jamais été étudiée, à notre connaissance, pour des nombres de Reynolds aussi considérables.

2° L'ouvrage, lui-même, constitue un bassin de jaugeage de très grandes dimensions (longueur 313^m, largeur 38^m, hauteur d'eau 16^m) qui se remplit lentement et dont les sections horizontales, parfaitement connues, permettent de déduire la mesure du débit de la loi de variation du niveau en fonction du temps; c'est là un grand avantage, en raison de la difficulté que présente la mesure très précise de gros débits (atteignant $100\,m^3/sec$).

3° Les parois des aqueducs de remplissage sont très régulières, comme nous avons pu le constater, en les visitant à sec, et leur rugosité relative est très faible; on obtient, de ce fait, une similitude des particularités des parois incontestablement supérieure à celle qui se trouve réalisée dans les conduites d'usine. De plus, en raison des singularités de l'écoulement de l'eau à l'intérieur des aqueducs : changements de section, contractions, coudes, etc., la turbulence du mouvement est particulièrement grande et introduit une perte d'énergie due au choc des particules liquides les unes contre les autres, vis-à-vis de laquelle l'influence de la rugosité des parois devient négligeable; on se trouve donc dans les meilleures conditions au point de vue de la réalisation de la similitude des écoulements, à l'intérieur de l'ouvrage et du modèle.

Ces diverses circonstances expliquent le grand intérêt de recherches précises sur la similitude de ces ouvrages. Déjà à l'étranger, certaines expériences fort intéressantes avaient été effectuées sur les écluses d'Ymuiden, de Steenenhoef, de Skanstull et du canal Trolhätte, mais dans

des conditions moins favorables : dans certaines d'entre elles, la marée ne permettait pas la permanence du niveau amont, nécessaire pendant le remplissage, dans d'autres, la similitude géométrique entre le modèle réduit et l'ouvrage réel n'était qu'imparfaitement réalisée. En fait, les résultats les plus nets qui ont été obtenus correspondent à des écluses de dimensions petites, vis-à-vis de celles de la forme de radoub du Havre.

Nos expériences ont été effectuées au moment où la marée était étale; le niveau de la mer demeurait pratiquement immuable pendant toute la durée du remplissage, soit près d'une heure. On observait le niveau, dans la forme de radoub, en 6 points diffé-

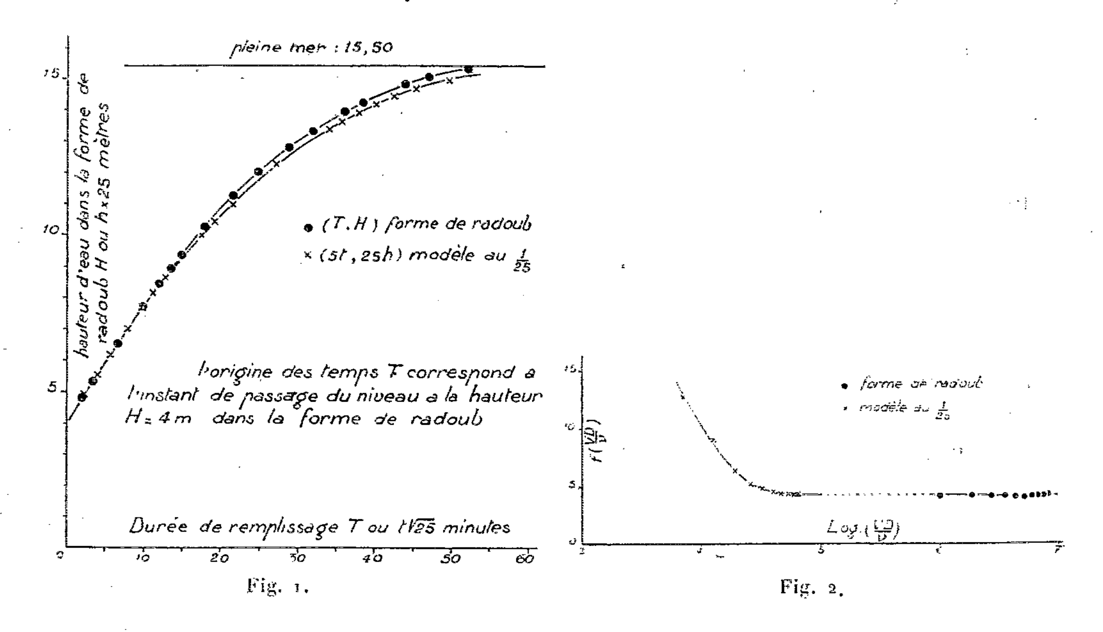


Fig. 1.

Fig. 2.

rents; la mesure du temps se faisait au moyen de chronomètres à aiguilles dédoublantes rattrapantes; les déterminations étaient effectuées à diverses reprises, en utilisant d'une part le remplissage total de l'écluse primitivement vide, d'autre part les remplissages partiels qu'on pouvait réaliser par le jeu des marées, sans avoir recours à des épuisements coûteux; la coïncidence des résultats obtenus dans les expériences successives montrait que les erreurs pouvant provenir des différences d'imbibition des parois étaient négligeables. Le remplissage étant assez lent, le niveau dans la forme de radoub demeurait sensiblement horizontal, comme le montre l'absence de décalage entre les observations faites aux six postes. On effectuait, sur le petit modèle, alimenté en eau douce, des expériences homologues.

Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 1 qui reproduit la courbe de la profondeur d'eau H, en fonction du temps T, dans l'ouvrage,

et des quantités homologues h et t du modèle, après multiplication de h par 25 et de t par la racine carrée du rapport de similitude, soit 5. On voit sur cette courbe que la loi de similitude des ouvrages courts se vérifie très bien pour des nombres de Reynolds supérieurs à 60000. Pour des nombres de Reynolds moindres, correspondant à la fin du remplissage, les débits sont, dans le modèle réduit, légèrement inférieurs à la valeur qu'ils devraient avoir d'après cette loi. Ce résultat s'explique facilement : la fonction φ, déduite des expériences sur la forme de radoub et son modèle réduit [1], est constante (*fig.* 2) quand le nombre de Reynolds dépasse 60000; pour des nombres de Reynolds décroissant au-dessous de cette valeur, la fonction φ augmente, ce qui correspond bien aux résultats mis en évidence par les courbes de la figure 1. Il suffirait d'augmenter les dimensions du modèle réduit pour obtenir une application plus rigoureuse de la loi des ouvrages courts, à la fin du remplissage.

En résumé, les expériences qui font l'objet de cette Note sont de nature à faire disparaître les incertitudes qui pourraient subsister dans l'étude sur modèle réduit du remplissage des écluses et cales de radoub, et, à un point de vue plus général, elles constituent une confirmation précise de la loi de similitude des ouvrages courts, c'est-à-dire de la constance de la fonction φ dans un domaine non encore atteint.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la représentation conforme.* Note de M. G. Tzitzéica.

Je me suis proposé d'étudier la courbure des courbes correspondantes dans une représentation conforme.

1. Soit $Z = f(z)$ une fonction holomorphe et univalente dans une certaine région simplement connexe du plan z, par exemple à l'intérieur du cercle $|z| = 1$. A la courbe (c) analytique $z = z(t)$ de cette région correspond dans le plan Z une courbe (C) analytique $Z = f[z(t)]$. Désignons

---

[1] On remarque la régularité de la courbe de variation de la fonction φ pour des expériences mettant en jeu une puissance aussi élevée, qui atteint 15000 HP.

par k et K les courbures des courbes (c) et (C) aux points correspondants m et M.

On a alors la formule fondamentale

$$(1) \qquad K = \frac{k}{|f'(z)|} + \frac{d}{dn}\left[\frac{1}{|f'(z)|}\right],$$

où d/dn est la dérivée suivant la normale à (c) au point m.

2. Le problème *local* de la correspondance des courbures devient intuitif, si on le décompose en trois problèmes simples :

a. Considérons tout d'abord les courbes (c) du plan z tangentes en m à la droite mt. La relation (1) prouve que les centres de courbure des courbes correspondantes forment sur les normales fixes respectives deux divisions homographiques dans lesquelles les points m et M se correspondent.

b. Supposons maintenant que l'on fasse tourner la tangente mt autour de m et que l'on considère l'ensemble c_r des courbes (c) passant par m et dont la courbure en ce point est $k = 1/r$. Les centres de courbure de ces courbes sont évidemment situés sur le cercle de centre m et de rayon r. Pour les courbes correspondantes (C), formant l'ensemble C_r, le lieu des centres de courbure est une conique ayant un foyer au point M qui correspond à m. Je dirai que cette conique K_r est en M *l'indicatrice* de l'ensemble C_r de courbes.

L'indicatrice est une ellipse, une parabole ou une hyperbole selon qu'on a

$$(2) \qquad \frac{1}{k}\left|\frac{f''(z)}{f'(z)}\right| < 1, \quad = 1, \quad > 1,$$

et je dirai, dans ces différents cas, que l'ensemble C_r est en M elliptique, parabolique ou hyperbolique.

Dans le cas où l'ensemble C_r est elliptique en M, toutes les courbes (C) du plan Z passant par M ont en ce point des courbures toutes différentes de zéro, comprises entre deux limites qu'il est facile de déterminer. Ce sont les inverses des distances de M aux sommets focaux de l'ellipse indicatrice.

On voit aisément ce qui se passe dans le cas où l'indicatrice est une parabole ou une hyperbole.

c. Supposons actuellement que la courbure commune $k = 1/r$ des courbes (c) appartenant à l'ensemble c_r varie; on a alors pour les ensembles C_r, au point M, une famille de coniques indicatrices K_r, ayant toutes le même foyer M et la même directrice correspondante.

Il est clair que, pour r suffisamment petit, K_r est une ellipse; que, pour

une valeur r_1 déterminée par

$$\frac{1}{r_1} = \left| \frac{f''(z)}{f'(z)} \right|,$$

elle est une parabole et que pour $r > r_1$ elle est une hyperbole.

Le problème local des courbures est ainsi complètement étudié.

3. Considérons maintenant, dans la région où $f(z)$ est holomorphe et univalente, une courbe fermée (c), par exemple un cercle de rayon r. En chaque point m de cette courbe on a un ensemble c_r auquel appartient la courbe (c) elle-même. Si l'indicatrice K_r, en chaque point de la courbe correspondante (C), est une ellipse, je dirai que (C) est une *courbe elliptique*. Il est manifeste que toute courbe elliptique est convexe, mais que la réciproque n'est pas toujours vraie.

J'appliquerai ces considérations à deux problèmes particuliers :

a. Prenons d'abord la représentation donnée par $Z = e^z$. Alors tout cercle du plan z et de rayon $r < 1$ a pour image une courbe elliptique.

b. Soit

$$Z = z + a_2 z^2 + \ldots$$

une fonction holomorphe et univalente à l'intérieur du cercle $|z| = 1$ et considérons le cercle concentrique $|z| = r < 1$. J'ai démontré que l'image de ce cercle est une courbe elliptique pour

$$r < \frac{\sqrt{7} - 2}{3}.$$

GÉOMÉTRIE. — *Sur les caractéristiques du tore.* Note [1] de M. **Torsten Carleman.**

Nous nous proposons de démontrer le théorème suivant. Désignons par p, p_0, ... des points situés sur la circonférence C de rayon 1 et de centre O. Soit $p = \omega(p_0)$ une transformation biunivoque et continue qui transforme C en elle-même avec conservation du sens de parcours. Soit $F(p)$ une fonction continue et uniforme sur C. Cela posé, en désignant par $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots$ les conséquents de p_0 nous pouvons affirmer que la limite

$$\lim_{n \to \infty} \frac{F(p_0) + F(p_1) + \ldots + F(p_{n-1})}{n} = \Phi(p_0)$$

---

(1) Séance du 22 août 1932.

existe quel que soit le point initial p_0. $\Phi(p_0)$ est évidemment un invariant pour la transformation $\omega(p_0)$. Ce théorème s'obtient facilement au moyen d'un théorème fondamental sur l'approximation des fonctions continues dû à M. F. Riesz (*Ann. de l'École Normale*, 1911). Si la transformation $\omega(p)$ admet un point invariant, la suite des points $p_0, p_1, \ldots, p_n, \ldots$ converge vers un point limite. Le théorème est dans ce cas évident. Il en est de même si une transformation itérée $\omega_r(p)$ admet un point invariant. Les suites $p_{rv+k}(v=0, 1, 2, \ldots)$ convergent, en effet, dans ce cas vers des limites bien déterminées pour $v \to \infty (k=0, 1, \ldots, r-1)$. Nous pouvons donc, sans restreindre la généralité, supposer que tous les conséquents d'un point p_0 quelconque soient différents entre eux. Désignons par E' l'ensemble dérivé de l'ensemble E des points $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots$. Soient G_1 l'ensemble des fonctions $f(p)$ uniformes et continues sur C, G_2 l'ensemble des fonctions $\varphi(p)$ uniformes et continues sur C et s'annulant sur E', c une constante arbitraire.

Nous avons le théorème suivant : Étant donné une fonction continue et uniforme $F(p)$ et une quantité positive ε aussi petite que l'on veut, on peut trouver une fonction de la forme

$$f[\omega(p)] - f(p) + \varphi(p) + c$$

telle qu'on ait

$$(1) \qquad |F(p) - \{f[\omega(p)] - \varphi(p)\} - \varphi(p) - c| < \varepsilon.$$

En effet, pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit, d'après le théorème de M. F. Riesz, que chaque fonction $\alpha(\theta)$ ($\theta =$ l'angle du rayon Op avec un rayon fixe) à variation bornée et satisfaisant aux conditions

$$\alpha(\theta + 2\pi) = \alpha(\theta) + \gamma \qquad (\gamma = \text{const.}),$$

$$\alpha(\theta + 0) + \alpha(\theta - 0) = 2\alpha(\theta),$$

$$(2) \qquad \int_C d\alpha = 0,$$

$$(3) \qquad \int_C \varphi(p)\, d\alpha = 0 \qquad (\varphi = \text{fonction quelconque de } G_2),$$

$$(4) \qquad \int_C \{f[\omega(p)] - f(p)\}\, d\alpha = 0 \qquad (f = \text{fonction quelconque de } G_1)$$

soit identiquement constante. La relation (2) entraîne $\gamma = 0$, c'est-à-dire que α est uniforme sur C. (4) peut encore s'écrire

$$\int_C f(p)\, d\{\alpha[\omega(p)] - \alpha(p)\},$$

d'où l'on conclut

$$\alpha[\omega(p)] - \alpha(p) = \text{const.} = k, \tag{5}$$

$\alpha(p)$ est nécessairement continue. Si l'on avait, en effet, un point de discontinuité q_0 avec $|\alpha(q_0+0)-\alpha(q_0-0)| \neq 0$ on aurait à cause de (5) la même discontinuité en les conséquents $q_1 q_2 \ldots q_n$ (qui sont tous différents en vertu de nos hypothèses).

Or cela est impossible, la variation de $\alpha(p)$ étant finie. On déduit de (5)

$$\alpha(p_1) - \alpha(p_0) = k, \qquad \alpha(p_n) - \alpha(p_0) = nk.$$

Comme le premier membre de la dernière équation reste fini pour $n \to \infty$ on trouve $k = 0$ et par conséquent $\alpha(p_n) = \alpha(p_0)$. $\alpha(p)$ est donc égale à la constante $\alpha(p_0)$ sur $E + E'$. L'équation (3) montre que $\alpha(p)$ est constante sur tous les intervalles contigus qui appartiennent à l'ensemble fermé E'. Cela entraîne, en tenant compte de la continuité de $\alpha(p)$, que $\alpha(p) = \text{const.}$ sur toute la circonférence C. C. Q. F. D.

Comme $\varphi(p)$ s'annule sur E' et la distance de p_n à E' tend vers zéro pour $n \to \infty$ nous avons

$$\lim_{n \to \infty} \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n-1} \varphi(p_\nu) = 0.$$

En tenant compte aussi de la relation

$$\lim_{n \to \infty} \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n-1} [f(p_{\nu+1}) - f(p_\nu)] = 0,$$

on trouve au moyen de l'inégalité (1)

$$\overline{\lim_{\nu \to \infty}} \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n-1} F(p_\nu) - \underline{\lim_{\nu \to \infty}} \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n-1} F(p_\nu) < 2\varepsilon,$$

ce qui démontre notre proposition.

Le théorème que nous venons de démontrer conduit aisément à la proposition suivante sur les caractéristiques du tore. Désignons par φ l'angle du méridien d'un point M du tore avec un méridien fixe et par θ l'angle de la normale en M avec le plan de l'équateur (cf. les notations dans la Note de M. Denjoy, *Comptes rendus*, 7 mars 1932). Soient $F(\varphi, \theta)$ et $A(\varphi, \theta)$ deux fonctions uniformes et continues sur le tore et supposons que A satisfasse à une condition de Lipschitz par rapport à θ.

Soit $\theta = \theta(\varphi)$ l'équation d'une caractéristique quelconque de l'équation différentielle

$$\frac{d\theta}{d\varphi} = A(\varphi, \theta).$$

Alors la limite

$$\lim_{\varphi \to \infty} \frac{1}{\varphi} \int_0^{\varphi} F[\varphi, \theta(\varphi)]\, d\varphi$$

existe.

GÉOMÉTRIE. — *Sur diverses notions infinitésimales.* Note de M. **Georges Bouligand**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Dans un Ouvrage récent[1], j'ai appelé (γ) le groupe des homéomorphies douées d'une transformation linéaire tangente *continue* et d'un jacobien positif au sens strict. Son champ d'invariance ou *topologie du premier ordre* englobe le contingent et le paratingent. J'observe d'abord que mon raisonnement des n°s 67 et 69 étend la covariance du contingent au groupe (g_1), obtenu en renonçant à la continuité de la transformation linéaire tangente. Cela posé, soit V l'espace auxiliaire des éléments $(x, y, z; u, v, w)$ qui synthétisent chacun un point et sa vitesse; à toute homéomorphie h de (g_1) s'attache dans V une autre homéomorphie H; pour qu'elle appartienne au groupe (G_1), jouant dans V le rôle de (g_1) dans l'espace initial, il faut et il suffit que les fonctions déterminant h aient des dérivées secondes. Soit (g_2) le sous-groupe de (g_1) ainsi défini.

2. Sous la forme de M. G. Rabaté, le contingent circulaire n'est pas covariant de (g_2), à cause de l'intervention des demi-plans des cercles de rayon infini [2]. Par contre, M. Élie Cartan (à qui je suis redevable, pour les questions du présent paragraphe, d'un important échange de vues) a noté que la présence des demi-plans des cercles de rayon nul ne trouble pas cette covariance. Il y a donc pluralité des définitions du contingent circulaire, suivant la convention adoptée pour distancier la famille des cercles

[1] *Introduction à la géométrie infinitésimale directe*, avec une préface de M. E. Cartan, Paris, Vuibert, 1932, p. 66.

[2] On le verra en appliquant la transformation $X = x$, $Y = y + x^2$, $Z = z$ aux deux courbes $y - x^3 = z - x^4 = 0$ et $y - x^3 = z - x^3 - x^4 = 0$. De deux plans osculateurs distincts à l'origine, on revient à un plan osculateur commun. Le même exemple montre que le biparatingent n'est pas covariant de (γ).

qui en sont les éléments. La communauté de contingent circulaire au sens de M. Rabaté ne peut transgresser le champ projectif. Pour obtenir une notion covariante dans g_2, il faut modifier la définition de la distance (p. 25 de mon Ouvrage cité) en laissant subsister un hémisphère, l'autre seul étant remplacé par la portion de cylindre associée par projection orthographique. Le choix d'une distance généralisée apparaît donc lié au groupe vis-à-vis duquel on désire la covariance du contingent pour la définition duquel cette distance est requise.

3. La pluralité remarquée s'élargit lorsqu'on note la possibilité de ramener la notion du contingent circulaire à celle du contingent ordinaire dans l'espace V : sous cette forme, il y a encore covariance par (g_2), dans les mêmes conditions que ci-dessus. L'adoption de ce point de vue peut incorporer au contingent circulaire des éléments qui n'intervenaient pas avec la forme initiale de la définition.

4. Grâce à l'introduction de deux contingents formés de demi-cercles, le théorème de Meusnier, issu de la théorie des surfaces et prolongeable, comme il est connu, aux trajectoires orthogonales des champs de vecteurs, prend sa forme la plus simple et la plus large en théorie des ensembles. Supposons qu'au point d'accumulation O de l'ensemble E, une perpendiculaire Z à la demi-tangente Ox soit telle que dans le demi-plan (Z, x) il n'y ait qu'un demi-cercle C de rayon non nul qui soit limite de demi-cercles C_M passant par O, par un point M infiniment voisin sur E, et de diamètre porté par Z. Alors, le contingent hémicirculaire de E relatif à Ox (qui comprend les éléments d'accumulation des demi-cercles passant par O, par un point M de E infiniment voisin de O, d'abscisse positive, et ayant leur diamètre dans le plan $x = 0$) est tout entier sur la sphère décrite par C tournant autour de Z (ou mieux sur son hémisphère $x > 0$) : à cela se réduit le théorème de Meusnier. Notamment, prenons un champ vectoriel dont les trajectoires orthogonales soient données, au voisinage de l'origine, par l'équation (avec φ^2 dérivable et homogène degré 2)

$$d[z - \varphi_2(x, y)] + \sqrt{x^2 + y^2}[\alpha(x, y, z)\,dx + \beta(x, y, z)\,dy] = 0,$$

où α, β tendent vers zéro quand le point (x, y, z) tend vers l'origine. Les trajectoires issues de l'origine dont les projections sur xOy ne dépassent pas en courbure une limite assignée sont comprises entre deux surfaces S′ et S″ sur chacune desquelles $z - \varphi_2$ est un infiniment petit vis-à-vis de $x^2 + y^2$. La réunion de ces trajectoires est (au même titre que la

réunion de S′ et S″) un ensemble auquel s'applique à l'origine la précédente forme du théorème de Meusnier.

5. Soit un ensemble E d'éléments M admettant une définition du voisinage, et une loi attachant à tout M de E une collection $\gamma(M)$ d'éléments de nature permanente admettant une définition du voisinage. Si $\gamma(M_0)$ inclut les éléments d'accumulation de $\gamma(M)$ quand M est inclus dans un voisinage indéfiniment resserré de M_0, je conviens qu'il y a *semi-continuité d'inclusion* (S. C. I.) de $\gamma(M)$ en M_0. Aux exemples que j'en ai donnés antérieurement ([1]), s'ajoute le suivant : M est un ensemble ponctuel fermé de l'espace euclidien et $\gamma(M)$ son intersection avec un ensemble particulier de la même famille. Par cette remarque, l'effet de semi-continuité ordinaire signalé au n° 28 de mon Ouvrage et utilisé pour un théorème d'existence du plan tangent est rattaché à la S. C. I.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le développement en série des fonctions monogènes uniformes.* Note ([2]) de M. **Alexandre Ghika**, transmise par M. Émile Borel.

Considérons une région bornée du plan et l'ensemble parfait D, défini par M. Borel ([3]), en excluant de cette région les points intérieurs, au sens strict, à une infinité de cercles C_n ne se coupant pas deux à deux, dont les centres sont denses au moins dans une certaine aire et de rayon r_n vérifiant les inégalités

$$\frac{r'_n}{2^{p+1}} < r_n < \frac{r'_n}{2^p} \quad \text{et} \quad \lim_{n=\infty} \frac{n}{\log\log\log\frac{1}{r'_n}} = 0,$$

p étant un nombre fixe.

Soit Δ_0 le domaine réduit du domaine D, défini au moyen des cercles γ_n concentriques aux cercles C_n, de rayon ρ_n (comme D au moyen des C_n) vérifiant les inégalités

$$\frac{\rho'_n}{2^{p+1}} < \rho_n < \frac{\rho'_n}{2^p} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\rho'^2_n} < \log\log\frac{1}{r'_n}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1060. Observons que la S. C. I. du système des projetantes fait du théorème A de ma Note des *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1882, une conséquence directe du théorème B, dont la démonstration est immédiate.

([2]) Séance du 25 juillet 1932.

([3]) Borel, *Leçons sur les fonctions monogènes uniformes d'une variable complexe* (Paris, Gauthier-Villars, éd.), 1917.

Nous supposerons de plus que D est limité par une courbe rectifiable fermée simple C_0 située sur Δ_0 et nous désignerons par Δ le domaine Δ_0 limité à C_0 et duquel on exclut le voisinage de C_0.

Nous avons montré que la fonction $1/(z-x)^m$ est de carré de module sommable (au sens de M. Lebesgue) quand m est fini, par rapport à z le long de la frontière C de D, uniformément par rapport à x situé sur Δ.

Considérons les fonctions $f(z)$:

1° Définies le long de C et de carré de module sommable;

2° Vérifiant la condition

$$\sum_{n=0}^{+\infty} \int_{C_n} \frac{f(z)}{z-x} dz = 0,$$

quand x est intérieur, au sens de Weierstrass, au domaine complémentaire par rapport au plan du domaine fermé D;

3° Définies aux points de D par l'équation

$$f(x) = \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{1}{2\pi i} \int_{C_n} \frac{f(z)}{z-x} dz,$$

seulement où cette série est convergente.

Cette série est absolument et uniformément convergente sur le domaine Δ et représente par suite une fonction monogène uniforme au sens de M. Borel.

Réciproquement les fonctions monogènes uniformes de M. Borel, relativement au domaine fermé D, vérifient les trois conditions précédentes.

Enfin, considérons la suite multiple de fonctions

$$(z-a_0)^n, \quad \frac{1}{(z-a_p)^{n+1}} \qquad (n=0, 1, 2, 3, \ldots; p=1, 2, 3, \ldots);$$

le point a_0 appartenant au domaine fermé Δ et a_p étant intérieur, au sens de Weierstrass, au cercle C_p.

Nous avons démontré que cette suite est fermée par rapport à l'ensemble des fonctions précédemment définies relativement à un même domaine D.

Il en résulte que le système $\varphi_n(z)(n=0, 1, 2, 3, \ldots)$, obtenu en orthogonalisant et normalisant la suite précédente le long de C,

$$\int_C \varphi_n(z)\overline{\varphi_m(z)}\, ds = \begin{matrix} 1 & n=m \\ 0 & n \neq m \end{matrix} \qquad (ds = |dz|),$$

$\overline{\varphi_m(z)}$ désignant la quantité imaginaire conjuguée de $\varphi_m(z)$, est un système fermé par rapport à ce même ensemble de fonctions.

Il est à remarquer que $\varphi_n(z)$ $(n=0, 1, 2, 3, \ldots)$ *sont des fonctions rationnelles* fort simples.

On a

$$f(x)=\sum_{n=0}^{+\infty} f_n\varphi_n(x)$$

avec

$$f_n=\int_C f(x)\overline{\varphi_n(z)}\,ds,$$

la série convergeant absolument et uniformément sur le domaine fermé Δ *à connexion d'ordre infini et en moyenne le long de* C.

Cette série généralise la série de Taylor pour un pareil domaine à connexion d'ordre infini.

Cela montre encore mieux qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les fonctions holomorphes et les fonctions monogènes uniformes.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *État limite, résultant des marées, pour le mouvement d'un système planétaire.* Note [1] de M. **Giulio Krall**, transmise par M. Vito Volterra.

D'après Sir G. Darwin, dans le passé et dans l'avenir des mondes, du système solaire en particulier, les marées ont eu et auront une influence peut-être essentielle. Le premier, il en releva les effets les plus importants, et tira de leur étude systématique d'intéressantes conséquences cosmogoniques.

Dans plusieurs recherches qui sont devenues classiques, non seulement il formula des prévisions sur le plus lointain futur, mais il fit l'histoire, depuis la genèse, de certaines planètes, avec d'intéressantes références à la Terre et à la Lune.

Il se limita toujours, et pour ses buts cela suffisait, au cas de deux corps. Il supposa la masse de l'un, dépassant de beaucoup celle de l'autre, de sorte que l'on pouvait négliger le mouvement du premier corps.

Il parvint ainsi à reconnaître la tendance des orbites elliptiques à

(1) Séance du 1er août 1932.

devenir des orbites circulaires, et il reconnut que les durées des révolutions tendent à égaler celles de rotation.

Il parvint ensuite à cette dernière conséquence, d'après une suggestion de Lord Kelvin, en tenant compte du fait énergétique que les marées sont accompagnées d'une lente et incessante action dissipative. En vertu de celle-ci, l'énergie totale du système se dégrade, en satisfaisant toujours (puisqu'il s'agit de seules actions internes) à l'*intégrale des moments*, jusqu'à une valeur minimum qui satisfait à la condition d'égalité sus-indiquée. C'est ce qu'il eut à vérifier, en supposant initialement et durant toute l'action dissipative que l'orbite était circulaire. Il posa même le problème de telle façon que cette hypothèse paraissait essentielle.

Poursuivant dans cette direction il me fut possible, par des extensions faciles, de reconnaître que, *dans le mouvement képlérien de deux corps célestes gravitant, dont le rapport des masses est quelconque, et doués chacun de mouvement précessionnel, outre la tendance asymptotique de la trajectoire à devenir circulaire, il arrive que les précessions tendent à devenir des rotations, leurs axes de rotation tendent à se disposer normalement au plan du mouvement. En même temps les vitesses angulaires tendent à égaler les vitesses de révolution.*

Une allure si simple du mouvement limite et la facilité avec laquelle il fut possible de la prévoir faisaient pressentir à des résultats également simples pour le mouvement final de trois corps.

Il suffit en effet de reconnaître dans l'allure finale du mouvement les traits typiques de certaines solutions dites *stationnaires* de Routh et Levi-Civita. On peut alors en conclure, sans effectuer de trop longs calculs, que, *dans le cas de trois corps gravitants doués chacun de mouvement précessionnel, l'effet des marées tend à orienter le plan du mouvement normalement au moment invariant total de la quantité de mouvement.*

Le mouvement orbital tend vers un mouvement lagrangien, c'est-à-dire les corps tendent à se disposer aux sommets d'un triangle équilatère, à côtés invariables, tournant, avec une vitesse uniforme, autour du centre des masses. Les précessions à leur tour tendent à devenir des rotations, ayant la même vitesse angulaire, et les axes tendent à se disposer normalement au plan du mouvement.

Successivement, en passant au problème général d'un système avec un nombre quelconque de corps, je suis arrivé à reconnaître que *les orbites des corps d'un système planétaire, sujet à des marées ou à toute action dissipative interne, tendent vers des circonférences ayant un centre commun, et situées*

dans un même plan, bien déterminé par les données initiales. Les axes des précessions dégénérantes (rotations) tendent à devenir normales à ce plan. Les durées de ces rotations tendent à égaler la durée de la révolution.

OPTIQUE. — *Sur un artifice susceptible d'augmenter la précision des mesures spectrophotométriques visuelles.* Note de M. **P. Vaillant**, transmise par M. A. Cotton.

Dans l'étude directe au spectrophotomètre des spectres d'émission ou d'absorption, l'œil reste supérieur à la cellule photo-électrique lorsque les éclats à comparer sont faibles, en particulier lorsque, voulant faire porter les mesures sur des radiations bien définies, on opère avec une fente collimatrice fine. La précision reste d'ailleurs peu considérable, sauf dans la partie moyenne du spectre. On peut l'augmenter sensiblement en disposant, en avant de la lunette d'observation, une lame de verre mince inclinée à 45° sur l'axe et qui superpose par réflexion, à leur entrée dans la lunette, aux deux faisceaux à comparer, un faisceau coloré d'intensité uniforme provenant d'un collimateur auxiliaire, faisceau dont l'intensité et la teinte sont convenablement choisies. L'importance relative d'une différence d'éclat entre les deux plages sur lesquelles porte la comparaison photométrique s'en trouve diminuée, mais cette perte est plus que compensée par le fait qu'à la sensation d'inégalité d'éclat des deux plages se superpose celle de leur inégalité de coloration ([1]).

Dans les mesures d'absorption sur liquides colorés, la lumière blanche provenant du collimateur auxiliaire peut être filtrée par une cuve contenant le liquide même à expérimenter. Le flux additionnel est alors plus ou moins complémentaire du flux étudié ([2]). Si l'intensité de ce flux additionnel est convenablement réglée, à l'équilibre, les deux plages apparaissent d'une même teinte à peu près blanche et, lorsque cet équilibre est détruit, prennent des teintes plus ou moins complémentaires. Mais on obtient d'aussi bons résultats par l'emploi de filtres quasi monochromatiques du type Calmels dont on choisit la région de transparence de façon à obtenir le maximum de contraste. Celui-ci est d'ailleurs affaire d'appréciation personnelle. Le collimateur auxiliaire sera par exemple éclairé par

([1]) Le gain de précision réalisé dépend d'ailleurs de l'observateur, des sensibilités relatives de l'œil aux différences d'éclat et de coloration.

([2]) Du moins dans le cas d'un liquide qui ne présente qu'une bande d'absorption dans le visible.

une lampe à incandescence dans laquelle un rhéostat permettra de faire varier à volonté le courant. On réglera celui-ci de façon qu'à inégalité donnée d'éclat des deux plages, la différence des colorations apparaisse maximum.

J'ai effectué quelques mesures par ce procédé au spectrophotomètre Gouy ([1]). Le gain obtenu est peu appréciable dans les parties verte et jaune du spectre où l'œil est particulièrement sensible, mais l'artifice devient avantageux aux limites du visible où les mesures directes sont beaucoup moins précises.

A l'extrémité rouge, alors que, par le procédé habituel, la précision restait nettement inférieure au centième, j'ai pu déterminer, à près du deux-centième, le rapport des intensités des flux provenant des deux collimateurs par l'emploi d'un filtre δ(5500-5900) placé derrière le collimateur auxiliaire. Dix mesures successives du rapport ont donné par exemple les valeurs suivantes :

$$10^{-4} \times 3066 \quad 3070 \quad 3014 \quad 3068 \quad 3095 \quad 3025 \quad 3078 \quad 3065 \quad 3076 \quad 3067$$

définissant la valeur moyenne

$$10^{-4}\ (3062 \pm 17).$$

A l'autre extrémité du spectre, les mesures restent moins précises, surtout en raison de la faible émission des sources employées. L'approximation qui atteint le cinquantième (filtre α, $\lambda > 6500$) est toutefois encore nettement supérieure à celle (erreur atteignant $1/20^e$ environ) que j'obtenais sans flux auxiliaire

$$10^{-3} \times 628 \quad 594 \quad 620 \quad 628 \quad 611 \quad 605 \quad 595 \quad 631 \quad 627 \quad 624$$

valeur moyenne

$$10^{-3}\ (616 \pm 12)\ ([2]).$$

([1]) Dans le cas de l'appareil Gouy et des appareils analogues, où le prisme de sortie est solidaire de la lunette, on peut évidemment substituer à la réflexion du flux auxiliaire sur une lame de verre, sa réflexion sur la face d'émergence du prisme de sortie. Le collimateur auxiliaire est alors rendu lui aussi solidaire de la lunette.

Lorsque, comme dans l'appareil Gouy, les sources à comparer éclairent deux fentes collimatrices indépendantes, il est indispensable de donner à ces fentes même largeur pour obtenir, par superposition d'un flux auxiliaire, deux plages de même coloration. Il en est d'ailleurs encore de même, mais à un degré moindre, sans l'emploi du flux auxiliaire.

([2]) Les écarts ne dépasseraient pas $1/100^e$ si l'on ne tenait pas compte des mesures 2 et 7 qui s'écartent beaucoup plus que les autres de la valeur moyenne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des combinaisons d'acides arsiniques et d'acide chlorhydrique.* Note ([1]) de M. J. Prat, présentée par M. G. Urbain.

Divers auteurs ont déjà signalé le caractère amphotère de certains acides diarylarsiniques. Il était à prévoir que ce caractère se retrouverait dans les acides monoarylarsiniques.

Dans cette série, seuls les chlorhydrates de l'acide 3-acétylamino-4-oxyphénylarsinique et de l'acide 2-oxy-4-acétylaminophénylarsinique ont été signalés par M. Baranger (*Thèse*, Paris, 1931). Mais ces acides possèdent des groupes OH et amino (acétylés, il est vrai). On pouvait supposer ces derniers responsables de la fixation d'HCl sur l'acide arsinique. Pour éliminer cette objection, la recherche des chlorhydrates de l'acide phénylarsinique et de l'acide *o*-méthylphénylarsinique a été entreprise,

I. *Acide phénylarsinique.* — L'examen des courbes de solubilité à 25°,7 de l'acide phénylarsinique dans des solutions aqueuses d'HCl de concentrations croissantes accuse nettement, par une diminution brusque de solubilité, la formation d'un chlorhydrate.

Il est à remarquer que les courbes II et III tendent l'une vers l'autre de sorte que la solution contient un nombre égal de molécules HCl et $C^6H^5AsO^3H^2$ au moment où le chlorhydrate commence à précipiter.

La séparation de ce chlorhydrate des eaux mères dans lesquelles il prend naissance ne peut pas s'effectuer par simple filtration. L'humidité atmosphérique, absorbée fortement, suffirait à le dissocier. Pour le préparer, on le lave plusieurs fois sur filtre avec du chloroforme sec à 0°, puis on évapore ce chloroforme par un courant d'air sec. On obtient ainsi des petites tablettes qui se conservent bien en tube fermé mais se liquéfient à l'air et, après dissociation, recristallisent en longues aiguilles d'acide phénylarsinique.

Ce chlorhydrate est légèrement soluble à froid dans le chloroforme qui le dissout bien à chaud. Il peut par suite être recristallisé dans ce solvant.

L'analyse donne 1 molécule HCl pour 1 molécule $C^6H^5AsO^3H^2$:

As 31,6 pour 100 trouvé pour 31,4 pour 100 calculé;

Cl 14,6 pour 100 trouvé pour 14,8 pour 100 calculé.

II. *Acide o-méthylphénylarsinique.* — Les courbes de solubilité à 25°,7 de l'acide *o*-méthylphénylarsinique mettent en évidence la précipitation du chlorhydrate pour des concentrations initiales de la liqueur HCl voisine de

([1]) Séance du 22 août 1932.

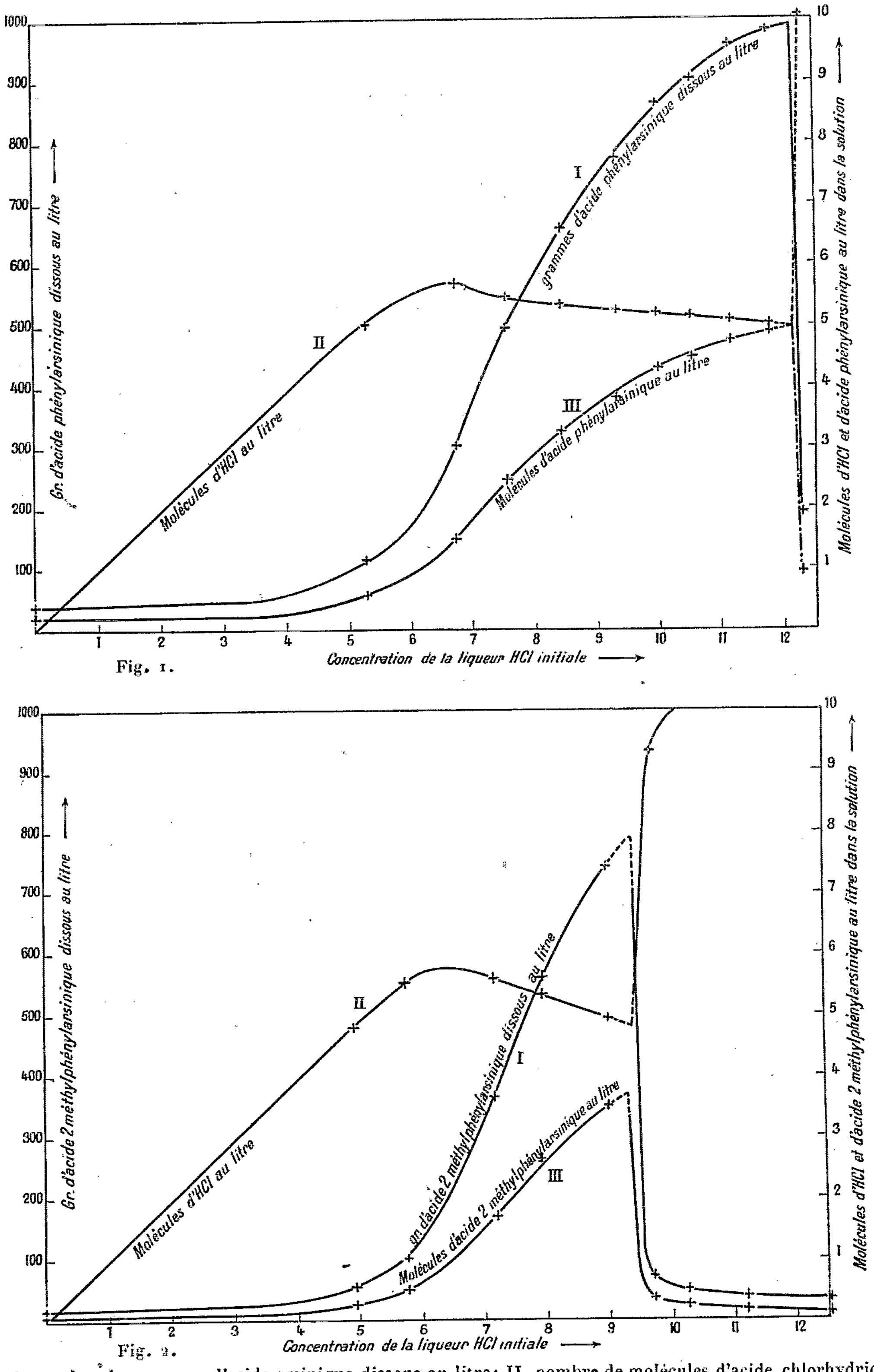


Fig. 1.

Fig. 2.

I, nombre de grammes d'acide arsinique dissous au litre; II, nombre de molécules d'acide chlorhydrique au litre dans la solution; III, nombre de molécules d'acide arsinique au litre dans la solution.

9,5 N au lieu de 12 N pour l'acide phénylarsinique. La substitution d'un groupe méthyl dans le radical phényl lié à As paraît donc rendre le chlorhydrate moins dissociable. En fait sa préparation est plus facile ; il est toutefois utile, pour l'obtenir sans dissociation partielle, d'opérer comme pour le précédent.

Ce chlorhydrate se présente sous la forme de longs bâtonnets. A l'air, il se dissocie lentement après liquéfaction et recristallise en acide *o*-méthylrhénylarsinique.

Il est, comme le précédent, soluble dans le chloroforme dans lequel il peut être recristallisé.

L'analyse donne 1^{mol} HCl pour 1^{mol} $CH^3.C^6H^4.AsO^3H^2$ soit :

As 29,8 pour 100 trouvé pour 29,7 pour 100 calculé;

Cl 14,3 pour 100 trouvé pour 14,4 pour 100 calculé.

III. *Acide p-acétylaminophénylarsinique.* — Le chlorhydrate de cet acide a été également préparé. Malgré la présence du groupe amino (acétylé) on doit vraisemblablement le considérer comme appartenant à la même classe que les précédents. La présence de l'azote facilite la liaison à HCl cependant, quoique beaucoup plus stable que les précédents (il se conserve longtemps à l'air), il est instantanément dissocié par l'eau. La transformation peut être facilement suivie au microscope.

L'analyse a donné 1^{mol} HCl pour 1^{mol} $CH^3C^6H^4AsO^3H^2$:

As 25,4 pour 100 trouvé au lieu de 25,4 pour 100 calculé.

Cl 12,3 pour 100 trouvé au lieu de 12,3 calculé.

BOTANIQUE. — *Sur la biologie de* Codium Bursa. Note de M. **Vale Vouk**, transmise par M. L. Mangin.

Le *Codium Bursa* (L.) Ag., algue verte croissant dans la Méditerranée et l'Océan, a été étudié, au point de vue morphologique, plusieurs fois, mais, en ce qui concerne sa biologie et son écologie, nos connaissances sont très restreintes (C. O. Schmidt, *Bibliotheca botanica*, 91, 1923). En étudiant la végétation d'algues croissant aux environs de l'Institut de biologie et d'océanographie marine à Split (Yougoslavie) j'ai examiné plusieurs fois de grands thalles de cette algue dont la forme sphérique attire notre attention. A l'état frais, comme on sait, le thalle est très gonflé de sorte que, si l'on y fait à l'aide d'un scalpel une incision, il s'échappe un jet de liquide et les bords de l'incision se courbent dans la cavité ouverte. Pour se convaincre mieux de la tension élevée du liquide

intérieur du *Codium* il suffit d'introduire dans le thalle un tube de verre, aminci en pointe. Si l'on en rompt alors la pointe, par une pression légère, on voit s'élever dans le tube le liquide intérieur jusqu'à 10^{cm} de hauteur. Mais ce phénomène n'est accompagné d'aucune sorte de détente de la surface. Ce fait est d'un certain intérêt parce qu'on a cru jusqu'à présent que le gonflement sphérique n'est que le simple résultat de la tension de traction et celle de pression entre les palissades et les tuyaux axiaux. A mon avis, il y a certaines différences osmotiques entre le thalle du *Codium* et l'eau de mer environnante. La nature du liquide intérieur devrait être, d'après Hauck (1855), à peu près la même que celle du suc cellulaire, tandis que C. O. Schmidt est d'avis qu'il ne diffère point de l'eau de mer ambiante. En ce qui concerne les qualités chimiques et osmotiques, le liquide en question n'a pas été étudié, à ma connaissance, jusqu'à présent.

M. A. Ercegović a accompli, à ma demande, les déterminations de salinité du liquide intérieur de quelques exemplaires. En réalité, on y a trouvé une salinité au-dessus de celle qu'on a constatée dans l'eau de mer provenant de la même profondeur où *Codium* était recueilli. Huit déterminations ont donné, en moyenne, le résultat suivant :

	Salinité pour 1000.
Dans le *Codium*	38,29
Hors du *Codium*	37,57

Des recherches ultérieures montreront si cette augmentation de salinité est partout constante. En outre, une analyse exacte de la composition chimique du contenu doit être exécutée, ce qui projettera quelque lumière sur les qualités physiologiques du thalle du *Codium*.

L'étude de morphologie intérieure nous a amené à découvrir un autre fait intéressant. On peut observer sur la surface intérieure, entrelacée de filaments tangentiels, surtout au milieu au-dessus du point de fixation et dans son voisinage, des endroits rougeâtres. Si l'on y prend, à l'aide d'une pincette, un peu de ce tissu, qui est ordinairement muqueux, et qu'on l'examine, faiblement grossi on rencontre entre les filaments du *Codium* une masse épaisse de filaments minces, teints d'une nuance rougeâtre. A l'aide d'un grossissement plus fort on peut reconnaître que ces filaments sont des *Cyanophycées*. J'ai trouvé dans divers exemplaires de *Codium* différentes espèces parmi lesquelles quelques formes nouvelles. Ce sont surtout des *Oscillariées* filamenteuses, notamment des *Phormidium*, des *Lyngbya* et des *Oscillatoria*. En outre j'y ai trouvé des espèces de *Plectonema*,

de *Microchæte*, de *Calothrix* et même de *Gloeocapsa*. L'étude de ces *Cyanophycées*, croissant dans le *Codium*, formera l'objet spécial de mes recherches (¹). Il est intéressant, non pas étonnant, que toutes ces *Cyanophycées* soient teintes en rouge. Les *Codium* croissent d'ordinaire à une profondeur de 15m-40m, et, en outre, à l'intérieur de leurs thalles la lumière est très réduite de sorte que les *Cyanophycées* présentes, en raison de la lumière affaiblie, sont teintes d'une couleur rougeâtre afin qu'elles puissent bien exploiter la faible lumière violette, conformément à la théorie d'Engelmann-Gaidukoff.

On a, d'ailleurs, déjà observé que les *Cyanophycées* de la mer, provenant d'une plus grande profondeur, sont rouges [Sauvageau (²), Funk (³)]. En étudiant attentivement le contenu de la surface intérieure du thalle, on y peut trouver, en dehors des *Cyanophycées*, quelques espèces de *Diatomées*, qui demandent une étude systématique détaillée. Ce sont certainement des formes bentoniques croissant dans le limon du fond, mais il est possible qu'il s'agisse des formes spéciales qui ne croissent que dans le *Codium*. Des études ultérieures éclairciront ce problème. Si l'on fait centrifuger le liquide du *Codium*, on obtient une quantité remarquable de *Diatomées* surprises en mouvement. Je n'y ai jamais pu trouver de formes planctoniques telles que *Chaëtoceras* ou *Rhizosolenia* qu'on peut aisément rencontrer dans l'eau environnante.

En ce qui concerne les organismes animaux, on y peut observer différents protozoaires et radiolaires et dans le thalle des *Cyanophycées* de petits nématodes. Il semble donc que l'intérieur du thalle du *Codium* contienne une flore et une faune spéciales. Ce sera une tâche intéressante d'étudier de plus près les différents facteurs de vie de ces organismes. Des recherches ultérieures effectuées sur des riches matériaux provenant de différents endroits devront établir lesquels de ces habitants habitent le thalle du *Codium* constamment, lesquels s'y associent d'une manière transitoire. En tout cas je peux dès maintenant affirmer que certaines *Cyanophycées* rouges sont des habitants constants du *Codium Bursa*.

(¹) Un Mémoire détaillé sera publié dans un autre Recueil.
(²) *C. R. Soc. de Biol.*, 65, 1908, p. 98-100.
(³) *Pubblicazioni della Stazione zoologica di Napoli*, 7, suppl. 1927, p. 238.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la méthode de détermination de plasticité des membranes cellulaires.* Note de M. **A. N. J. Heyn**, transmise par M. Molliard.

Dans nos recherches antérieures, nous avons étudié les variations de plasticité des membranes cellulaires dans les coléoptiles d'*Avena sativa*.

La méthode consistait à placer horizontalement, en les fixant par une extrémité, les mêmes régions de coléoptile et en plaçant à l'extrémité opposée un poids, qui provoquait ainsi une faible courbure de l'organe. Au bout d'une demi-heure, 1 ou 2 heures, on déterminait la courbure totale de l'organe et la partie permanente, après enlèvement du poids.

C'est d'après cette courbure permanente que nous avons cru pouvoir déterminer la plasticité des membranes et nous avons montré que celle-ci est augmentée sous l'influence de l'hormone d'allongement cellulaire (auxine).

Van Overbeek et moi avons communiqué que sous l'action de l'hormone, en même temps que la courbure permanente, la courbure élastique (réversible) des tissus turgescents est aussi augmentée. La question se pose donc de savoir si véritablement la plus grande courbure permanente est due à la plus grande plasticité de la membrane ou à la plus grande extensibilité élastique des tissus. On pourrait imaginer, par exemple, que la fixation (par exemple par intussusception ou apposition) de la courbure élastique pourrait être d'autant plus intense que cette courbure élastique est plus grande.

Pour obtenir une réponse à cette question, nous avons étudié la courbure réversible et irréversible provoquée par des poids différents sur des coléoptiles qui avaient snbi ou non l'influence de l'hormone.

Les tableaux que nous reproduisons ici montrent que, même en provoquant une courbure élastique plus grande par un poids plus lourd, la courbure permanente est tout de même beaucoup plus petite dans les organes qui n'ont pas subi l'influence de l'hormone (ou qui ont été décapités depuis 1 heure et demie). Les tableaux représentent les moyennes de 10 plantules toujours.

TABLEAU I.

Poids (en gr.).	Courbures réversibles.	Courbures irréversibles.	Poids (en gr.).	Courbures éversibles.	Courbures irréversibles.
Cylindres de coléoptile depuis 2 heures					
avec auxine :			*sans auxine :*		
0,80.......	11°,0	21°,4	1,00.......	12°,0	5°,9
Mêmes régions de coléoptile					
normale :			*depuis 1 h. 1/2 sans pointe :*		
0,25.......	4°,3	6°,1	0,80.......	7°,4	2°,8
0,50.......	7°,4	13°,7	1,00.......	8°,4	5°,7
0,80.......	–	24°,5			
0,50.......	7°,3	10°,0	0,80.......	7°,5	3°,3
0,50.......	12°,6	14°,0	0,80.......	13°,5	6°,9

Il n'y a pas non plus un tel rapport entre l'extensibilité élastique des *membranes* comme on peut la déterminer après plasmolyse et la courbure permanente qui peut se produire. Nous avons étudié la variation de l'une et de l'autre pendant l'action de l'hormone.

Une heure et demie après sectionnement de la pointe des coléoptiles des cylindres de celles-ci étaient soumis à l'action de l'hormone pendant deux heures. L'aptitude à être courbé irréversiblement, qui est très petite au commencement (une heure et demie après le sectionnement de la pointe), *augmente* fortement sous cette action et dépasse même celle des coléoptiles normales (avant sectionnement). L'extensibilité élastique des membranes déterminée après plasmolyse, au contraire, *diminue* beaucoup pendant le même temps d'action de l'hormone.

TABLEAU II.

	Courbures irréversibles.	Extensibilité élastique.
a. Coléoptiles normales......................	13,3	31,8
b. Céléoptiles depuis 1 heure et demie sans pointe.	2,8	30,8
c. Comme *b* et depuis 2 heures avec auxine......	18,8	24,1
d. Comme *b* et depuis 2 heures sans auxine......	3,4	–

Le résultat de cette expérience constitue aussi une preuve de plus en faveur de notre conception, d'après laquelle en augmentant la plasticité des membranes, l'hormone n'augmente pas l'extensibilité élastique (déterminable après plasmolyse) de celles-ci.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le phototropisme des Daphnies; rôle de la mémoire dans le phototropisme*. Note [1] de M. **G. Viaud**, transmise par M. F. Mesnil.

Nous nous sommes proposé d'abord d'établir une méthode de mesure du phototropisme qui soit suffisamment précise, pratique et générale. Nous sommes parti de cette hypothèse que le tropisme, étant un mode d'activité automatique, devait relever de lois analogues à celles qui régissent les forces physiques; et que, s'il en était ainsi, les méthodes employées pour la mesure des forces physiques devaient s'appliquer aux forces d'attraction ou de répulsion tropistiques.

On sait qu'une force physique se mesure par la vitesse qu'elle est capable d'imprimer à un système matériel. Pouvons-nous nous servir de cette proposition pour mesurer la force tropistique? Non, si nous conservons au mot : système matériel son sens mécanique. Car la masse mécanique du corps d'un animal, ou la masse mécanique totale d'un groupe d'animaux, est mue directement par la force mécanique des organes locomoteurs, et indirectement seulement par la force tropistique qui agit sur le système nerveux. Et ce n'est que dans des cas privilégiés que l'une de ces forces est proportionnelle à l'autre.

Nous avons été amené à considérer comme système matériel soumis à l'influence de la force tropistique l'ensemble d'une population, conçue comme concentrée en un point que l'on peut appeler son *centre de gravité*.

La détermination de ce centre, lequel dépend de la position et du nombre des individus, se fait aisément par la méthode des moments, en employant la formule

$$\frac{\Sigma \text{ moments}}{\Sigma \text{ masses élémentaires}},$$

chaque masse élémentaire représentant un individu et étant égale à l'unité.

Le déplacement du centre de gravité de la masse numérique d'une popu-

[1] Séance du 22 août 1932.

lation, à partir d'une origine, en un temps donné, fournit une mesure du phototropisme de la population, *quels que soient les trajets réels accomplis par les individus, et quel que soit leur sens, positif ou négatif.*

Rôle de la mémoire dans le phototropisme. — Nous nous sommes aperçu, en entreprenant une étude du phototropisme chez *Daphnia pulex* (♀ parthénogénétiques), que deux expériences successives portant sur la même population montraient les traces très nettes d'une influence retardatrice de la première sur la deuxième. Et pourtant nous avions pris quelques précautions pour qu'il n'en fût pas ainsi; en particulier, nous avions transporté, de la chambre noire où nous opérions, la population au plein jour, pendant l'intervalle de temps plus ou moins long séparant les deux expériences. Nous pensions, de cette façon, effacer pratiquement toute trace de la première expérience. Il n'en a pas été ainsi.

Nous avons alors cherché à déterminer dans quelle mesure le phototropisme d'une population à un moment donné est influencé par des expériences tropistiques antérieures, ou si l'on veut, par des souvenirs. Supposons que le déplacement positif du centre de gravité d'une population, pendant une première expérience qui dure t minutes, soit égal à M; que le déplacement positif du centre de gravité de la même population, pendant une deuxième expérience de même durée, soit égal à M'; qu'entre les deux expériences la population soit transportée dans un lieu où les conditions tropistiques sont totalement différentes de ce qu'elles sont pendant les deux expériences, et qu'enfin ces deux expériences soient aussi rigoureusement identiques que possible; le rapport M/M' réprésentera alors l'influence de la première expérience sur la seconde, c'est-à-dire le souvenir qu'a gardé de la première expérience la population, à travers l'intervalle de temps susceptible de l'effacer.

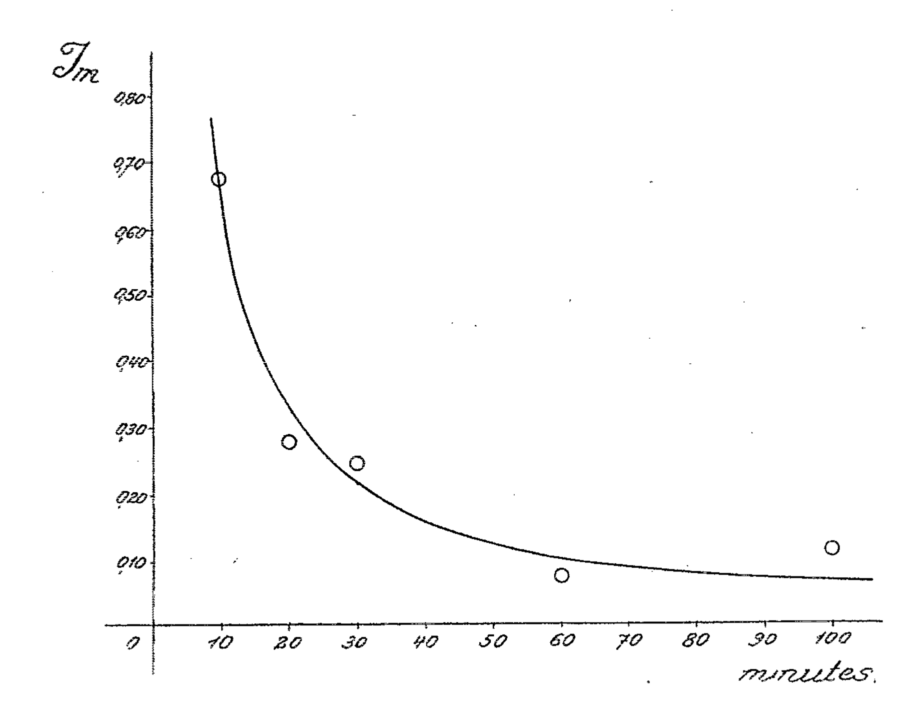
Si le rapport $M/M' = 1$, la conservation du souvenir est égale à 0; autrement dit, l'oubli est total. Nous pouvons alors prendre pour *indice de conservation du souvenir* dans un temps donné la valeur de l'expression

$$\mathcal{J} = \frac{M}{M'} - 1.$$

Nous avons étudié la variation de cet indice en fonction du temps, c'est-à-dire en faisant croître l'intervalle de temps séparant les deux expériences identiques. Nous avons opéré, pour chaque valeur étudiée de l'intervalle, sur 10 populations de 40 Daphnies, soit sur 400 Daphnies. Nous avons pris, comme valeurs définitives $\mathcal{J}_m$ de l'expression $M/M' - 1$, les médianes des

valeurs observées sur chaque groupe de 10 populations (méthode des moindres écarts).

Les résultats obtenus nous ont permis de tracer la courbe ci-dessous. Elle est du même type (hyperbolique) que les courbes de conservation du sou-



venir établies déjà, chez l'Homme par Ebbinghaus, Ch. Henry, H. Piéron, M. Foucault, etc., et chez la Limnée et la Littorine par H. Piéron. Nos résultats viennent donc confirmer l'existence d'une loi tout à fait générale du psychisme animal.

Conclusions. — 1° Le phototropisme peut être mesuré comme une force physique;

2° Le rôle du souvenir dans le phototropisme montre nettement que le tropisme intéresse les centres nerveux. Le tropisme est donc autre chose qu'un simple réflexe; c'est un automatisme très variable, mettant en jeu le système nerveux de l'animal dans son ensemble.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur une méthode de détermination de la composition des composés d'addition de la cellulose*. Note [1] de M. G. **Champetier**, présentée par M. G. Urbain.

La méthode d'isolement de Gladstone et la méthode d'analyse indirecte de Vieweg [2] des combinaisons d'addition de la cellulose étant sujettes à diverses critiques, une nouvelle méthode a été décrite dans deux Notes précédentes [3] à propos de l'étude des alcalicelluloses et des hydrates de cellulose. Cette méthode présentant un certain nombre de points communs avec celle qui a été proposée par O. Schwarzkopf [4] quelques mois auparavant et que je regrette de n'avoir pas connue en temps opportun, il est utile de préciser les conditions de son emploi et la nature des indications qu'elle peut fournir.

La méthode qui a été décrite dans les deux Notes précitées [3] s'apparente directement à la *méthode des restes* de Schreinemakers [5]; elle consiste à étudier le système cellulose-eau-corps A (A étant un corps susceptible ou non de se fixer sur la cellulose suivant qu'il s'agit de déterminer la composition d'une combinaison d'addition de la cellulose et du corps A, ou bien d'une combinaison de la cellulose et de l'eau, du type hydrate). Comme dans la méthode des restes, on analyse une série de prélèvements de la combinaison étudiée contenant une quantité décroissante d'eaux mères (solution en excès du corps A); ces prélèvements sont effectués au cours d'un essorage progressif, à la presse, de la combinaison cellulosique imprégnée d'eaux mères.

La variation de la quantité du corps A contenu dans les prélèvements successifs en fonction de la quantité d'eau contenue dans ces prises est représentée par une droite, comme il était logique de s'y attendre puisque

(1) Séance du 22 août 1932.

(2) J. H. Gladstone, *Chem. Soc.*, 5, 1852, p. 17; W. Vieweg, *Ber. D. ch. Ges.*, 40, 1907, p. 3876.

(3) G. Champetier, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1593, et 195, 1932, p. 280.

(4) O. Schwarzkopf, *Cell. Chem.*, 12, 1931, p. 34; *Zeit. Elektrochem.*, 38, 1932, p. 353.

(5) Voir, par exemple, P. Job, *Les méthodes physiques appliquées à la Chimie*, p. 119 (Doin, Paris, 1926), ou bien P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, p. 39 (Masson, Paris, 1931).

la composition de la combinaison, si elle existe, ne doit pas dépendre de la quantité de solution du corps A présente en excès, mais seulement de sa concentration.

La droite ainsi obtenue, relative à une certaine concentration connue de la solution du corps A, passe évidemment par un point qui correspondrait à l'analyse d'un prélèvement duquel toute l'eau mère en excès aurait été éliminée par un essorage théorique suffisamment poussé. Les coordonnées de ce point, qui ne peut pas être atteint expérimentalement et doit être déterminé par extrapolation, fixent la composition de la combinaison si elle existe.

Mais la droite précédente, *à elle seule*, ne permet pas de déterminer ce point, car il est impossible de décider avec certitude, *a priori*, si la combinaison existe, si elle est binaire (cellulose-corps A ou cellulose-eau) ou bien si elle est ternaire (cellulose-corps A-eau).

L'incertitude ne peut être levée qu'en considérant, non pas *une droite isolée*, relative à *une concentration* de la solution initiale du corps A, mais bien l'ensemble des droites se rapportant à diverses concentrations de solutions du corps A. Dans le cas de l'existence d'un composé défini, une série de droites forme un faisceau concourant en un point dont les coordonnées fixent la composition de la combinaison étudiée.

Dans le cas des alcalicelluloses, certaines des droites relatives aux concentrations des solutions de soude comprises entre 0^g et 600^g par litre forment quatre faisceaux sensiblement concourants sur l'axe où sont portées les teneurs en soude des prises d'essai. Ceci permet de définir quatre alcalicelluloses de composition :

$2C^6H^{10}O^5.NaOH$; $3C^6H^{10}O^5.2NaOH$; $4C^6H^{10}O^5.3NaOH$ et $C^6H^{10}O^5.NaOH$.

Les deux alcalicelluloses intermédiaires, bien que peu marquées sur la courbe qui a été précédemment donnée ([1]), doivent cependant être retenues, tout au moins provisoirement, car une courbe qui ne les mettrait pas en évidence correspondrait à des écarts avec les points en question nettement supérieurs à la moyenne des écarts expérimentaux des autres points, ainsi que cela avait été indiqué et comme il a été encore possible de s'en assurer depuis ([2]).

Dans le cas des systèmes cellulose-eau-hyposulfite de sodium et cellulose-

([1]) G. Champetier, *loc. cit.*

([2]) A ce sujet la courbe qui a été publiée précédemment doit subir quelques légères modifications dues à une extrapolation plus correcte des droites.

eau-pyridine, les droites concourent sensiblement sur l'axe où sont portées les teneurs en eau des prises d'essai; ce qui permet de définir pour la cellulose naturelle, en particulier, un hydrate $2C^6H^{10}O^5.H^2O$.

Enfin, dans le cas des systèmes cellulose-eau-acide formique et cellulose-eau-acide acétique, les droites se coupent, mais non en un point commun, dans le voisinage de l'axe des teneurs en eau, ce qui ne permet pas de déterminer la composition des combinaisons possibles, mais montre néanmoins que la cellulose plongée au sein d'une solution d'acide formique ou d'acide acétique fixe à la fois de l'eau et de l'acide. La quantité d'eau fixée paraît voisine de celle qui correspond à l'hydratation de la cellulose. La quantité d'acide fixée est faible, plus grande cependant dans le cas de l'acide formique que dans celui de l'acide acétique.

Il est à remarquer que la méthode se suffit à elle-même et qu'il n'est pas nécessaire de faire d'hypothèses sur la fixation ou la non-fixation d'un corps sur la cellulose, ni d'adjoindre un quatrième constituant au système pour déterminer la quantité d'eau d'hydratation contenue dans une combinaison ternaire. C'est en cela que notre méthode diffère essentiellement de celle de O. Schwarzkopf (*loc. cit.*), ainsi d'ailleurs que par ses conclusions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les hémoglobines musculaires.* Note de M. **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

De récentes recherches m'ont permis de constater que les hémoglobines musculaires des divers animaux présentent, dans leurs propriétés spectrales, des différences analogues à celles que Vlès, puis Barcroft, Anson, Mirsky et Oinuma ont noté entre les hémoglobines sanguines. Par ailleurs, chez un même animal, les deux pigments possèdent des caractères particuliers dont l'existence a pu être entièrement rapportée aux globines, le groupement prosthétique étant, dans les deux cas, constitué par la même hématine (protohématine) [1].

Aussi la question se pose-t-elle de savoir s'il y a lieu, comme on le fait

[1] L'exactitude de cette opinion est démontrée par les faits suivants : En mélangeant une solution alcaline de protohématine réduite à une solution neutre de globine sanguine, on régénère une hémoglobine sanguine, tandis que la même réaction, faite avec une globine préparée à partir de pigment musculaire, donne naissance à une hémoglobine de muscle (J. Roche).

d'ordinaire, de considérer les chromoprotéides sanguin et musculaire comme deux types d'hémoglobine distincts ou de les rassembler dans un même groupe dont les propriétés des divers membres ne présenteraient entre elles que des différences de degré.

L'étude de la fixation de l'oxyde de carbone par ces pigments permet de choisir entre ces deux possibilités, comme il ressort d'expériences dont voici le principe et les résultats.

Dans la réaction $HbO^2 + CO \rightleftharpoons HbCO + O^2$, la valeur de la constante K de formation de HbCO (1) diffère pour les hémoglobines sanguines des divers animaux (Nicloux, Krogh, Barcroft, Anson, Mirsky et Oinuma). En sera-t-il de même pour les hémoglobines musculaires ?

Par ailleurs, le spectre d'absorption des premières a des caractéristiques propres à chaque animal. Le plus important est la valeur de l'intervalle D séparant les axes des bandes α des dérivés oxygénés et oxycarbonés. Dans toute la série des hémoglobines sanguines étudiées par Barcroft, Anson, Mirsky et Oinuma (2), les valeurs de D, mesurées en unités angström et celles de K varient dans le même sens, et cela avec une proportionnalité telle que la relation

$$\text{Log}\,K = 0{,}05 \times D$$

ne souffre pas d'exception. Si cette équation s'applique aussi aux hémoglobines musculaires, il y aura tout lieu de faire entrer celles-ci dans le cadre des précédentes.

J'ai déterminé, sur des solutions de pigment musculaire de divers animaux, d'une part, la valeur de D à l'aide du spectroscope d'Hartridge, et, d'autre part, celle de K par la méthode spectrométrique de Barcroft, Anson, Misky et Oinuma (2) mettant en œuvre le même appareil. Connaissant le titre en CO et O^2 des mélanges gazeux auxquels ont été exposées les solutions, la position de la bande α du spectre, on calcule les quantités de gaz dissoutes, le taux de HbCO et de HbO^2, et à l'aide de ces données, la valeur de K (3).

Les moyennes des résultats sont les suivantes :

---

(1) Cette constante K est égale à $[HbCO].[O^2] : [HbO^2].[CO]$.

(2) J. Barcroft, M. L. Anson, A. E. Mirsky et S. Oinuma, *Proc. Roy. Soc.*, B, 97, 1924, p. 61-83, 8 fig.

(3) Les expériences ont été faites à 15°.

Hémoglobine musculaire de :	Axe de la bande (angström). HbO^2.	HbO^2.	D.	K.
Bœuf	5803	5772	31	46,5
Cheval	5804	5770	34	51,3
Chien	5803	5768	35	52,3

Les constantes K figurant dans la dernière colonne de ce tableau sont différentes suivant l'espèce animale considérée. Elles sont notablement inférieures à celles caractéristiques des divers pigments sanguins, lesquels ont donc, pour l'oxyde de carbone, une affinité beaucoup plus grande que les hémoglobines musculaires.

Néanmoins l'équation : $\log K = 0,05 \times D$, s'applique aussi bien aux unes qu'aux autres. L'écart entre les valeurs de logK, calculées à partir de D, et celles déterminées expérimentalement, est, en effet, pour les cas étudiés, du même ordre de grandeur que les erreurs dues à l'imprécision des mesures spectrales, comme le montre le tableau suivant :

Hémoglobine musculaire de :	Log K calculé.	trouvé.
Bœuf	1,55	1,66
Cheval	1,70	1,70
Chien	1,75	1,71

Les hémoglobines musculaires et sanguines sont donc les représentants d'un même type de pigment dont les propriétés spectrales, individuelles ou spécifiques, sont déterminées par les mêmes lois.

La séance est levée à 15h 15m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1932 (*suite et fin*).

Altitude et précocité du développement des germes chez la Pomme de terre, par J. COSTANTIN, P. LEBARD et J. MAGROU. In *Bulletin du Muséum*, 2e série, Tome IV, nº 3, 1932; 1 fasc. 24cm.

Biometric Studies on U. S. Army officers, par LOWELL J. REED et ALBERT G. LOVE. Washington, Medical Section American Life Convention, mai 1931; 1 fasc. 22cm,4.

Estudio sismologico de Chile, par JULIO BUSTOS NAVARRETT. Santiago, Prensas de la Universitad de Chile, 1931; 1 fasc. 25cm,6.

Observations nouvelles ou peu connues d'éclairs globulaires, par E. MATHIAS. In *Bulletin de la Société Française des Électriciens* (juillet 1932). Bar-le-Duc, Comte-Jacquet et Cie, 1 fasc. 26cm,8.

L'éclair fulgurant ascendant. L'éclair en chapelet, par E. MATHIAS. In *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy-de-Dôme*, nº 6. Paris, Presses universitaires de France, 1932; 1 fasc. 25cm,1.

L'éclair, par E. MATHIAS. In *Congrès International d'Électricité*. Paris, 1932, 11e section, Rapport nº 6; 1 fasc. 24cm.

Archives du Muséum national d'histoire naturelle. Centenaire de G. Cuvier, VIe série, Tome IX. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 32cm,7.

New General Catalogue of Double Stars, within 120° of the North Pole, par ROBERT GRANT AITKEN. Washington, Carnegie Institution, 1932; 2 vol. 29cm,4.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 SEPTEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NÉCROLOGIE. — *Notice* (¹) *sur* ROLAND THAXTER, par M. **L. MANGIN**.

Roland Thaxter, professeur à l'Université de Harvard, Cambridge, se signala par les travaux mycologiques de premier ordre.

Son premier Mémoire en 1888 fut consacré à l'étude des Entomophthorées des États-Unis dont la révision lui permit d'enrichir le groupe d'une quinzaine d'espèces nouvelles. Il publia de très intéressantes et originales Notes sur de nouveaux genres et espèces de Zygomycètes, notamment le genre *Blakeslea*; sur des champignons nouveaux du Chili; sur la révision des Endogonées avec des espèces nouvelles, etc. Mais son œuvre principale est l'étude des Laboulbéniacées, commencée en 1895 et continuée jusqu'en 1931, jusqu'à la veille de sa mort. Ce groupe aberrant de champignons, aussi singulier par sa structure que par son parasitisme exclusif sur les Insectes, était à peine connu par quelques espèces décrites par Robin, qui créa le genre Laboulbène, Hagen, Knoch, Karsten, Peyritsch, Giard, etc., et les idées les plus diverses avaient été émises sur la place qu'elles devaient occuper.

Dans son premier mémoire, publié en 1895, Thaxter fait connaître la structure et le développement des Laboulbéniacées parasites des Insectes et surtout des Coléoptères; ces champignons sont d'abord constitués par deux cellules basilaires; la cellule inférieure terminée en point est insérée dans

(¹) Séance du 17 août 1932.

le test et se termine par une sorte de suçoir; la cellule supérieure, par ses divisions, donnera naissance aux appareils reproducteurs mâles et femelles ordinairement réunis. L'organe femelle le plus souvent latéral est essentiellement composé par deux cellules : le peridium et le procarpe, ce dernier surmonté d'un trichogyne simple ou ramifié. Les anthéridies sont des groupes de cellules donnant naissance à des anthérozoïdes immobiles mis en liberté successivement.

Ces anthérozoïdes sont transportés sur le trichogyne en plus ou moins grand nombre et la fécondation réalisée, le peridium forme un massif cellulaire dans lequel une cellule centrale constitue l'œuf qui évolue en donnant naissance à un certain nombre d'asques contenant chacun 8 ascospores.

Par la présence du trichogyne et de l'appareil ascosporé, Thaxter considère les Laboulbéniacées comme un groupe intermédiaire entre les Floridées et les Ascomycètes.

Après avoir étudié la morphologie et le développement, Thaxter entreprend l'étude systématique du groupe et dans cinq mémoires très étendus dont le dernier date de 1931, il fait connaître plus de 800 espèces et plus de 100 genres minutieusement décrits et figurés dans les planches qui accompagnent ces mémoires. Telle est l'œuvre fondamentale de Thaxter qui consacre sa renommée universelle.

On lui doit aussi l'importante découverte des Myxobactériacées dont il a suivi, sur de nombreuses espèces, le développement complet.

C'est un groupe de Schizomycètes dont le cycle biologique comprend une période végétative bien délimitée et une période de fructification ou de pseudofructification présentant, par leur succession et leurs particularités, une grande similitude avec les myxomycètes, mais très différents par leur structure cellulaire. Ils sont caractérisés ainsi : organismes mobiles, de forme allongée, se multipliant par scission, sécrétant un mucilage qui détermine la formation d'un *peusdoplasmode* avant de passer à l'état cystifère. Dans cet état les éléments mobiles se transforment, par groupes, en cystes ou se convertissent en spores ovoïdes, Thaxter a distingué trois genres dans ce groupe singulier : Chondromyces, Myxobacter, Myxococcus.

Telle est l'œuvre du mycologue que la science vient de perdre. Il laisse de grands regrets parmi nous.

Né à Newton (Massachusetts) le 8 août 1858, Roland Thaxter avait été nommé Correspondant en 1925.

Il est mort le 22 avril 1932.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les sauts de probabilité dans les évolutions stochastiques.* Note [1] de M. **Gr. C. Moisil**, présentée par M. Volterra.

Considérons l'évolution stochastique [2] d'un système qui à chaque instant t se trouve dans l'un des états $E_1, \ldots, E_n$. Soit $p_{ik}(t_1, t_2)$ la *probabilité de passage* de l'état E_i à l'instant t_1 à l'état E_k à l'instant t_2. Ces probabilités constituent une matrice $P(t_1, t_2)$,

$$P = \{p_{ik}\}, \tag{1}$$

qui satisfait à l'équation fonctionnelle

$$P(t_1, t_3) = P(t_1, t_2)\,P(t_2, t_3), \tag{2}$$

$P(t, t)$ est égale à la matrice unité 1.

Supposons que l'évolution n'est pas continue mais que des changements brusques sont possibles. $P(t_0, t+h)$ ne tend pas vers 1 si h tend vers zéro. Par contre nous supposerons que $P(t_0, t+0)$ et $P(t_0, t-0)$ existent et nous introduisons les *sauts antérieur et postérieur* de la probabilité à l'instant t :

$$\begin{cases} S_a(t) = P^{-1}(t_0, t_0 - 0)\,[P(t_0, t) - P(t_0, t-0)], \\ S_p(t) = P^{-1}(t_0, t)\,[P(t_0, t+0) - P(t_0, t)]. \end{cases} \tag{3}$$

On a la relation

$$P(t_0, t+0) = P(t_0, t)\,[1 + S_p(t)], \tag{4}$$

qui montre que le changement brusque de la probabilité pendant le temps très court $t \rightarrow t+h$ est $S_p(t)$. Le saut total est

$$S(t) = S_a(t) + S_p(t) + S_a(t)\,S_p(t). \tag{5}$$

---

[1] Séance du 11 juillet 1932.

[2] Pour le cas continu, voir A. Kolmogoroff, *Mathematische Annalen*, 104, 1931, p. 415.

Si s_{ik} sont les éléments de S on a

$$\Sigma_k s_{ik} = 0. \tag{6}$$

La même relation est valable pour S_a, S_p.

En mettant en évidence le saut à l'instant t, (2) devient

$$P(t_1, t_3) = P(t_1, t_2 - 0)[I + S(t_2)]P(t_2 + 0, t_3). \tag{7}$$

On peut construire des solutions de l'équation (6) à l'aide de l'intégrale de Volterra-Stieltjes (V.-S.) des matrices [1].

Soient $X(t)$ une matrice de fonctions continues de t, $Y(t)$ une matrice de fonctions à variation bornée de t et l'intégrale V.-S. limite du produit

$$\widehat{\int_a^{b}}{}^{Y}(I + X\,dY) = \lim[I + X(\tau_0)\Delta_0 Y]\ldots[I + X(\tau_{n-1})\Delta_{n-1}Y]. \tag{8}$$

On voit que

$$\widehat{\int_a^{b}}{}^{Y}[I + X\,dY] = \widehat{\int_a^{c}}{}^{Y}[I + X\,dY]\widehat{\int_c^{b}}{}^{Y}[I + X\,dY]. \tag{9}$$

En particulier

$$\widehat{\int_a^{b}}{}^{Y}(I + X\,dY) = \left[\widehat{\int_b^{a}}{}^{Y}(I + X\,dY)\right]^{-1}. \tag{10}$$

Si h tend vers zéro par valeurs positives, on a

$$\widehat{\int_t^{t+h}}{}^{Y}(I + X\,dY) = I + X(t)S_d(t), \tag{11}$$

$S_d(t)$ et $S_g(t)$ étant les sauts de $Y(t)$ en t. On conclut que $\widehat{\int_b^{a}}{}^{Y}(I + X\,dY)$ est une fonction continue de l'intervalle (a, b) sauf pour les points de l'ensemble dénombrable des points t_i de discontinuité de $Y(t)$ où elle a les sauts $X(t)S_d(t)$ et $X(t)S_g(t)$. Les séries

$$\sum X(t_i)S_g(t_i), \qquad \sum X(t_i)S_d(t_i) \tag{12}$$

sont absolument convergentes. On a construit de cette manière une solution de (7) ayant des discontinuités données, sous les seules conditions

---

(1) Voir notre Note, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 456.

d'absolue convergence de (12). Cette solution est à variation bornée car on peut montrer que la somme des modules de $P(\alpha_i\beta_i) - I$ est bornée quelle que soit la division de (a, b) en intervalles partiels $\alpha_i\beta_i$.

Ces considérations peuvent être étendues à l'équation de Chapman.

$$\Phi(x, y; t_1, t_3) = \int_a^l \varphi(x, s; t_1, t_2)\varphi(s, y; t_2, t_3)\, ds \tag{13}$$

et trouver des solutions de cette équation généralisant celles de M. Hostinsky (B. HOSTINSKY, *Rendiconti R. Acc. Naz. dei Lincei*, 13, 1921, p. 921, et 14, 1931, p. 326; *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 3, 1932, p. 134, et aussi le Mémoire développé dans les *Publications de l'Université Masaryk de Brno*, 1932).

Enfin remarquons que $P(t_1, t_2)$ n'a de signification probabilistique que si $t_1 < t_2$.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur le paratingent d'un ensemble ponctuel.* Note [1] de M. JEAN MIRGUET.

I. Soit E un ensemble ponctuel plan dont le paratingent (= ptg) en un point O est incomplet; du lemme d'univocité de M. Bouligand [2] résulte la possibilité de faire passer par le point O un arc simple ayant en O la même propriété et contenant les points de E suffisamment proches de O.

La première partie de cette Note généralise à deux titres ce théorème dans l'espace à trois dimensions : Soit E un ensemble dont le ptg en un point O laisse échapper une direction $\Delta' O \Delta$. En vertu de la semi-continuité supérieure d'inclusion [3], $\Delta' O \Delta$ n'est pas ptg^{te} = aux points de E suffisamment voisins; il existe, dès lors, un angle α tel que tous les doublets (ou cordes) de E appartenant à ce champ fassent avec $\Delta' O \Delta$ un angle dépassant α; construisons les demi-cônes de révolution ayant pour sommets les points de l'ensemble, pour demi-angle au sommet le même angle β, non nul mais inférieur à α, et pour demi-axes des demi-droites toutes équipollentes à l'une des deux directions de $\Delta' O \Delta$: *La frontière du domaine réunion de ces demi-cônes est une surface englobant l'ensemble*

[1] Séance du 22 août 1932.
[2] BOULIGAND, *Introduction à la géom. infin. directe*, p. 76 (Paris, Vuibert, 1932).
[3] BOULIGAND, *loc. cit.*, p. 75.

donné. Ce théorème local donne pour les ensembles à paratingent partout incomplet, avec le lemme de Borel-Lebesgue, un théorème intégral.

Un problème analogue se pose pour les ensembles dont le ptg en un point (forme locale) ou bien en tout point (forme intégrale) laisse échapper un plan : par réunion de segments à extrémités englobant un tel ensemble s'obtient une courbe gauche qui supporte, par suite, cet ensemble.

II. La seconde partie de cette Note résout par l'affirmative la question de continuité en un point O du ptg d'un continu quelconque Γ de l'espace à trois dimensions, non tranchée lorsque le ptg en O est incomplet, mais possède au moins une droite dans chaque plan issu de O ([1]).

Lemme A. — *Étant donnés trois points* A, B *et* C *de* Γ, *il existe relativement à tout angle* θ *une chaîne ayant pour éléments des cordes de ce continu avec* AB *comme élément initial,* AC *comme élément final* (*l'angle de deux cordes successives étant inférieur à* θ).

Premier cas. — A n'établit pas une coupure de Γ entre B et C; autrement dit : pour tout ε, il y a sur Γ entre B et C des chaînes d'indice ε dont la plus courte distance à A dépasse une longueur fixe $K \neq 0$. Ceci posé, pour θ arbitraire, on peut construire une chaîne ponctuelle ($BM_1 \ldots M_i \ldots M_n C$) telle que toutes les cordes AM_i forment une chaîne relative à θ entre AB et AC : il suffit de choisir l'indice de la chaîne ponctuelle BC inférieur à $K \sin \theta/2$.

Deuxième cas. — A établit une coupure de Γ entre B et C : alors B ne peut être une coupure entre A et C, ni C une coupure entre A et B; d'après le premier cas, on pourra passer continuement de CA à CB puis de BC à BA. C. Q. F. D.

On déduit de A : *la fermeture de la famille des droites menées par un point parallèlement aux doublets du continu* Γ *est un continu de droites;* conclusion entraînant déjà que le *ptg de* Γ *est un continu de droites là où* Γ *est localement connexe*.

Lemme B. — *Étant donnés un point* M *et un continu* Γ *englobant deux points* P *et* Q, *il existe relativement à tout angle* θ, *entre* MP *et* MQ, *une chaîne de cordes ayant* M *comme extrémité commune et comme secondes extrémités des points du continu*.

Soit λ la plus courte distance de M à Γ. Pour $\lambda = 0$, A implique B; pour $\lambda \neq 0$ et θ arbitraire, on établira sur Γ une chaîne ponctuelle PQ

([1]) Rabaté, *Sur les notions originelles de la géom. inf. directe* (*Thèse*, Toulouse, 1931, p. 48); Bouligand, *loc. cit.*, p. 165.

relative à $\lambda \sin\theta/2$; ses points seront les secondes extrémités annoncées relatives à θ.

LEMME C. — *En un point O de Γ, on peut fixer une longueur K telle que, dans toute sphère S_0^ε, de centre O et de rayon ε, inférieur à K, tout point de Γ, intérieur à cette sphère, est lié ponctuellement d'une manière continue et sans qu'une chaîne sorte jamais de la sphère, à un point au moins de Γ situé sur la sphère S_0^ε.*

De ces lemmes résulte le théorème suivant :

En un point O de Γ on peut fixer K, tel que dans toute sphère S_0^ε de rayon inférieur à K existe une chaîne de doublets relative à un angle θ arbitraire et dont le premier et le dernier doublets font avec deux paratingentes arbitraires Δ_1 et Δ_2 des angles inférieurs à θ.

Faisons correspondre à la sphère donnée S_0^ε une seconde sphère S_0^η de rayon $\eta = \varepsilon \sin\theta/2$; parmi les doublets de Γ intérieurs à S_0^η choisissons PQ et MN faisant respectivement avec Δ_1 et Δ_2 des angles inférieurs à θ. Soient R_1 et R_2 des points de la surface de S_0^ε liés par continuité intrasphérique à P et M respectivement. D'après le choix fait pour le rayon η les angles QR_1M et PR_2N sont inférieurs à θ. D'après le lemme B, on passe continuement de QP à QR_1, de MR_1 à MP, de PM à PR_2, de NR_2 à NM; et tous les doubles successifs sont à extrémités intrasphériques. C. Q. F. D.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une propriété de la tension dans un problème plan de la théorie de l'élasticité.* Note de M. **BENJAMIN MEISEL**.

Soit un certain corps plan fixé à son contour extérieur. A l'intérieur du corps il a des ouvertures qui le transforment en un corps *multiconnexe*. Appliquons la force P à un point A du contour d'une des ouvertures. En admettant que la tension soit proportionnelle à P, on pourrait écrire, par rapport à tout point B du corps,

$$\sigma_{P,A} = P f(E, m, l_A), \tag{1}$$

où $\sigma_{P,A}$ est la tension (normale, tangente ou résultante) dans le point B du corps sous l'effet de la force P appliquée au point A du contour de l'ouverture $l_A = OA$, distance du point O fixé et immobile au contour jusqu'à A; E et m sont les modules de Young et de Poisson.

Si l'on applique maintenant la force $(-P)$ au point A' ($l_{A'} = OA'$) du

contour de la même ouverture on obtiendrait par analogie que

$$\sigma_{-P, A'} = -Pf(E, m, l_{A'}), \tag{2}$$

Si les deux forces P et (— P) agissent ensemble, on aura

$$\sigma = \sigma_{P,A} + \sigma_{-P,A'} = P[f(E, m, l_A) - f(E, m, l_{A'})]. \tag{3}$$

Mais selon le théorème de Michell la tension σ ne doit point dépendre des propriétés des matières, car les forces P et (— P) forment un couple de forces appliqué au même contour. C'est pour cela que

$$\sigma_P(E, m, l_A) - \sigma_P(E, m, l_{A'}) \equiv \Phi(l_A, l_{A'}), \tag{A}$$

où Φ est la fonction *indépendante* des propriétés élastiques du corps examiné.

Si les points A et A' sont infiniment proches, on déduit de (A) que

$$\frac{\partial \sigma_P(E, m, l)}{\partial l} \equiv \varphi(l), \tag{A'}$$

où φ est la fonction *indépendante* de propriétés élastiques du corps.

On déduit de la formule (3) que

$$\sigma_P(E, m, l) \equiv f_1(l) + f_2(E, m), \tag{A''}$$

où $f_1(l)$ *ne dépend* point des *propriétés élastiques* du corps, tandis que $f_2(E, m)$ ne dépend non plus du point d'application au contour de la force P.

Supposons deux corps parfaitement égaux d'après leur forme, l'un d'eux a des constantes élastiques E_1, m_1 et l'autre a E_2, m_2.

La formule (A'') donne pour les forces P et les points A et B disposés d'une manière analogue dans les deux corps :

$$\sigma(E_1, m_1, l) = f_1(l) + f_2(E_1, m_1),$$
$$\sigma(E_2, m_2, l) = f_1(l) + f_2(E_2, m_2),$$

d'où

$$\sigma(E_1, m_1, l) - \sigma(E_2, m_2, l) = f_2(E_1, m_1) - f_2(E_2, m_2). \tag{B}$$

C'est ainsi que l'on arrive à la déduction suivante :

1° La tension $\sigma(E, m, l)$ formée dans un corps plan élastique isotrope multiconnexe sous l'effet de la force appliquée au point l du contour de l'ouverture intérieure peut être représentée sous forme de la somme de deux fonctions f_1 et f_2, dont $f_1(l)$ ne dépend que de la situation de la

force P et ne dépend nullement des propriétés élastiques du corps, tandis que $f_2(E, m)$ dépend des constantes élastiques du corps, mais ne dépend point de la situation de la force P sur le contour;

2° L'angle de la pente vers l'axe l de la tangente, formé au point fixe K de la ligne d'influence $\sigma(E, m, l)$ tracée dans la fonction de l, reste tout à fait égal pour tous les corps plans élastiques isotropes de la même forme bien que ceux-ci soient formés de matières dont les constantes élastiques seraient tout à fait différentes;

3° La différence de la tension dans les points analogues des deux corps reste invariable pour toutes les situations analogues où la force est appliquée au contour, lorsque les deux corps plans et isotropes de la même forme se composent de matières différentes.

Il y va de soi que, si l'expérience (par exemple optique) nous fait connaître la tension $\sigma(E_1, m_1, l)$ pour les diverses situations de P (c'est-à-dire pour les divers l), il n'est indispensable pour trouver $\sigma(E_2, m_2, l)$ de *faire qu'une* expérience pour une même situation l de la force P, et c'est alors que l'on déduit de la formule suivante les valeurs de $\sigma(E_2, m_2, l)$ pour tout l:

$$\sigma(E_2, m_2, l) = \sigma(E_1, m_1, l) + [\sigma(E_2, m_2, \bar{l}) - \sigma(E_1, m_1, \bar{l})].$$

ÉLASTICITÉ. — *Solution générale des équations différentielles fondamentales d'élasticité, exprimée par trois fonctions harmoniques.* Note de M. **P. F. Papcovitch**, présentée par M. Mesnager.

Les équations fondamentales d'équilibre de Lamé, qu'on peut écrire sous la forme vectorielle suivante :

$$\nabla^2 V + \frac{1}{1-2\sigma}\,\text{grad div}\, V = -\frac{1}{\mu} F, \tag{1}$$

doivent avoir une solution, quel que soit le vecteur donné des forces de volume

$$F = iX + jY + kZ.$$

On en peut déduire que tout vecteur donné, quel qu'il soit, peut être exprimé comme le résultat d'une opération différentielle

$$\nabla^2(\;) + C\,\text{grad div}(\;),$$

faite sur un autre vecteur quelconque.

On peut donc exprimer le vecteur des déplacements inconnus

$$V = iu + jv + kw$$

par

$$V = \nabla^2 W + C \operatorname{grad} \operatorname{div} W,$$

W étant un troisième vecteur, encore inconnu, et C une constante arbitraire.

En substituant (2) en (1), on obtient pour W l'équation

$$\nabla^2 \nabla^2 W + \frac{1}{1-2\sigma}[1 + 2(1-\sigma)C] \operatorname{grad} \operatorname{div} W = -\frac{1}{\mu} F,$$

prenant une forme tout à fait simple, si l'on fait

$$C = -\frac{1}{2(1-\sigma)}.$$

On peut donc prendre

(3) $$V = \nabla^2 W - \frac{1}{2(1-\sigma)} \operatorname{grad} \operatorname{div} W,$$

W étant la solution générale de l'équation

(4) $$\nabla^2 \nabla^2 W = -\frac{1}{\mu} F,$$

qui se laisse exprimer par

(5) $$W = W_0 + A_1 + A_2,$$

où W_0 est une solution particulière arbitraire de (4); A_1 une même solution de l'équation

(6) $$\nabla^2 A_1 = B,$$

B et A_2 étant des expressions générales du vecteur harmonique, satisfaisant donc aux équations

$$\nabla^2 B = 0; \qquad \nabla^2 A_2 = 0.$$

Les expressions (5) et (2) nous donnent :

$$V = V_0 + B - \frac{1}{2(1-\sigma)} \operatorname{grad} \operatorname{div}(A_1 + A_2),$$

V_0 étant une solution particulière de (1), donnée par

(6′) $$V_0 = \nabla^2 W_0 - \frac{1}{2(1-\sigma)} \operatorname{grad} \operatorname{div} W_0.$$

Mais grad. div. A_2 et une solution particulière de l'équation de Laplace, B étant la solution générale. On peut donc rejeter le membre grad. div. A_2, ce qui permet d'écrire, sans perdre rien en généralité,

$$V = V_0 + B - \frac{1}{2(1-\sigma)} \operatorname{grad} \psi, \tag{7}$$

ψ étant la divergence du vecteur A_1, donc une solution *particulière* arbitraire de l'équation

$$\nabla^2 \psi = \nabla^2 \operatorname{div} A_1 = \operatorname{div} B. \tag{8}$$

Mais une telle solution de (8) est

$$\psi = \frac{1}{2}[x\Phi_1 + y\Phi_2 + z\Phi_3], \tag{9}$$

ce qui est la moitié du produit scalaire des vecteurs de position

$$R = ix + jy + kz$$

et du vecteur harmonique général

$$B = i\Phi_1 + j\Phi_2 + k\Phi_3. \tag{10}$$

Nous pouvons donc prendre pour la solution la plus générale des équations de Lamé une des deux expressions suivantes :

$$V = V_0 + B - \frac{1}{4(1-\sigma)} \operatorname{grad} \operatorname{div} (R.B) \tag{11}$$

ou

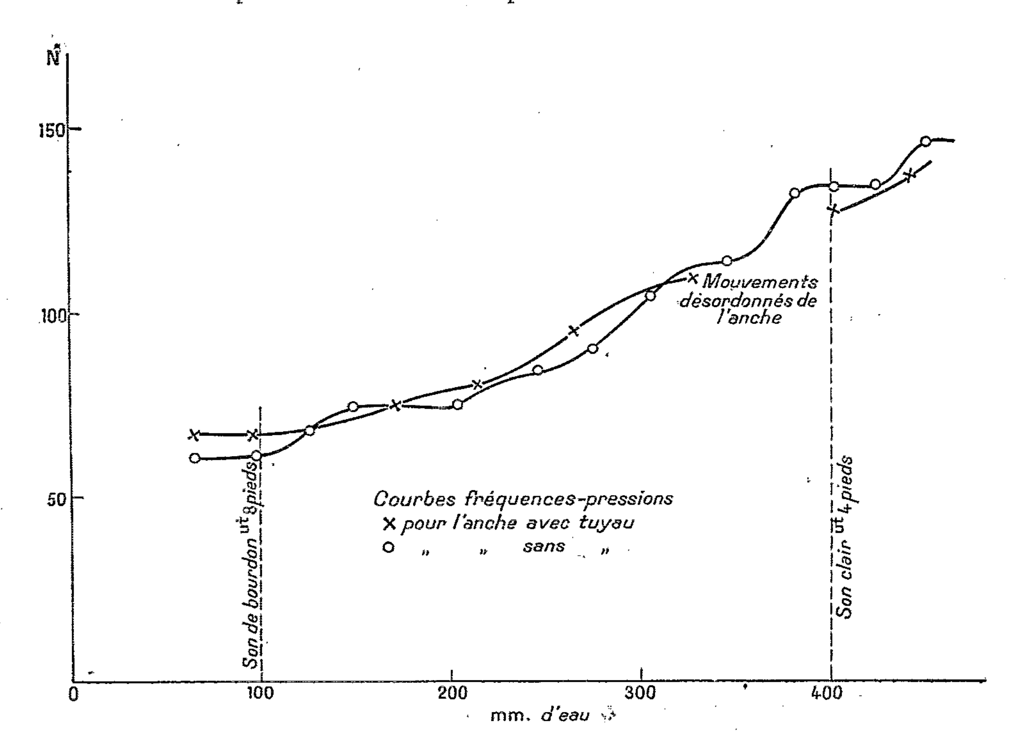
$$V = V_0 + B - \frac{1}{4(1-\sigma)} \operatorname{grad} \operatorname{div} (x\Phi_1 + y\Phi_2 + z\Phi_3), \tag{12}$$

Φ_i étant trois fonctions arbitraires harmoniques.

Le résultat ci-dessus est une généralisation des solutions, obtenues par B. G. Galerkin (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1047), Hertz (voir le nouveau cours de Pigeaud, 1928, p. 657, 658), Boussinesq (voir Love-Timpe, *Mathematische Elasticitätslehre*, 1907, p. 228) et de deux solutions généralisées de Hertz et de Boussinesq, données par S. A. Savin (*The Journal and Transactions of the Harbin Polyteehnic Institut, Manjuria China*, 4, 1931, p. 139-162).

ACOUSTIQUE. — *Sur les mouvements des anches battantes pour tuyaux d'orgue*. Note (¹) de M. **Léon Auger**, transmise par M. Henri Villat.

Pour étudier le mouvement des anches utilisées dans les orgues, j'ai utilisé une anche battante de trompette adaptable à un tuyau de clarinette (même taille, longueur 138^{cm}, diamètre 4^{cm},5). Le système anche-tuyau est soigneusement accordé pour donner à la pression de 80^{mm} d'eau l'ut_1 légal de 8 pieds; la longueur de la partie vibrante de la languette est maintenue constante pendant toutes les expériences.



Je fais l'image de la languette sur une fente horizontale; derrière cette fente tombe une plaque sensible sur laquelle s'enregistrent à la fois le mouvement de l'extrémité de la languette et le temps, au moyen d'éclats au 1/50e de seconde donnés par un arc alternatif.

(¹) Séance du 17 août 1932.

L'étude a été faite soit avec l'anche seule, soit avec le système anche-tuyau, soumis à des pressions variant de 0^{mm} à 460^{mm}.

Résultats. — 1° *Anche seule.* — Les courbes représentent en fonction du temps le déplacement de l'extrémité de la languette.

On obtient, pour des pressions variant de :

a. 0 à 20^{mm} : une trajectoire à peu près sinusoïdale, la languette oscille autour de sa position d'équilibre sans jamais atteindre la rigole (*fig.* I);

b. 20 à 200^{mm} : une série d'anches symétriques ayant en gros la forme d'un trapèze isoscèle. Le palier marque pour la languette un temps de repos (*fig.* II);

Formes de la trajectoire de l'extrémité de la languette.

Anche seule.

Pression 11^{mm}. Fréquence 54.
Fig. I.

Pression 94^{mm}. Fréquence 60.
Fig. II.

Pression 243^{mm}. Fréquence 82.
Fig. III.

Pression 341^{mm}. Fréquence 112.
Fig. IV.

Anche avec tuyau.

Pression 83^{mm}. Fréquence 66.
Fig. V.

Pression 164^{mm}. Fréquence 74.
Fig. VI.

Pression 220^{mm}. Fréquence 80.
Fig. VII.

Pression 322^{mm}. Fréquence 107.
Fig. VIII.

Pression 380^{mm}. Fréquence 117.
Fig. IX.

Pression 420^{mm}. Fréquence 133.
Fig. X.

c. 200 à 340^{mm} : une série d'anches dissymétriques; le palier de repos a disparu (*fig.* III);

d. 340 à 460^{mm} : une série d'anches dissymétriques à palier (*fig.* IV).

2° *Système anche-tuyau.* — On obtient, pour des pressions variant de :

a. 20 à 94^{mm} : une série d'anches symétriques avec palier. Celui-ci est très atténué pour une pression de 83^{mm} (*fig*. V);

b. 94 à 200^{mm} : une série d'anches dissymétriques sans palier (*fig*. VI);

c. 200 à 298^{mm} : une série d'anches symétriques sans palier (*fig*. VII);

d. 298 à 340^{mm} : une série d'anches à peu près symétriques avec palier (*fig*. VIII);

e. 340 à 400^{mm} : une série d'anches alternativement grandes et petites (*fig*. IX);

f. 400 à 460^{mm} : une série d'anches dissymétriques avec palier (*fig*. X).

Au point de vue acoustique :

1° *Anche seule*. — La hauteur croît avec la pression.

2° *Système anche-tuyau*. — Dans l'intervalle de pressions 80 à 100^{mm}, on obtient un son de bourdon (*fig*. V) d'excellente qualité; on notera que dans cet intervalle la fréquence de l'anche seule est à peu près constante et est d'environ 3/4 de ton au-dessous de l'*ut*$_1$ donné par le système anche-tuyau.

Au-dessus, le timbre devient aigre.

Dans l'intervalle de pression 340 à 400^{mm} le tuyau broute, produisant des roulements ou chocs irréguliers, le son n'a aucun caractère musical (*fig*. IX).

Pour 400^{mm}, le son reprend un timbre net et clair : l'*ut* 4 pieds domine. Par instants, réapparaît l'*ut* 8 pieds.

Au-dessus de 400^{mm}, le son reste très intense sans caractère remarquable.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Radio-compas stroboscopique à lecture directe.* Note [1] de MM. **René Hardy** et **Bertrand-Lepaute**, transmise par M. André Blondel.

Les applications de la radiogoniométrie se développent actuellement rapidement, non seulement pour la navigation maritime, mais également pour la navigation aérienne.

On a cherché à supprimer les difficultés de réglage provenant de l'orientation manuelle des cadres, en donnant à ces cadres une rotation continue. Dans certains dispositifs déjà connus, les courants induits dans des cadres tournants et amplifiés par un amplificateur alimentent un cadre galvanométrique, dans lequel une masse magnétique s'oriente dans la position du champ maximum et indique ainsi la direction des ondes.

Une autre méthode que nous avons étudiée utilise comme indicateur un

(1) Séance du 22 août 1932.

dispositif stroboscopique lumineux qui permet de s'affranchir des inerties mécaniques et des effets d'ordre magnétique. Elle permet, en outre, de lever automatiquement l'incertitude de 180° subsistant dans l'indication des cadres tournants.

Le collecteur d'ondes est constitué par un ou deux cadres perpendiculaires entraînés autour de leur axe vertical, par un moteur électrique tournant à une vitesse de l'ordre de 600 tours par minute. Ce collecteur d'ondes est relié à un amplificateur à lampes, à amplification directe ou à changement de fréquence.

Au courant des cadres est superposé un courant d'antenne réglable.

Le courant induit varie suivant la position des cadres par rapport à la direction de l'émetteur et s'annule pour une position déterminée. On donne à l'amplificateur un coefficient d'amplification assez fort pour qu'il y ait saturation de la lampe détectrice tant que la force électromotrice induite dans les cadres est sensible.

Deux fois par tour les cadres passent par une position correspondant à une force électromotrice nulle, alors la détectrice n'est pas saturée. La courbe des amplitudes, qui est l'enveloppe de la courbe représentant les valeurs de la force électromotrice induite dans les cadres, en fonction de leur position, est représentée par une sinusoïde (*fig.* 1).

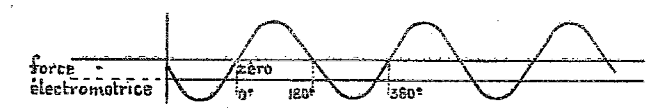


Fig. 1. — Variation correspondante dans le système cadre et antenne combinés.

Si l'on ajoute aux cadres une antenne, la courbe (qui en coordonnées polaires devient une cardioïde), au lieu d'un double cercle, est la même sinusoïde que la figure 1, mais dont l'origine se trouve déplacée suivant la valeur de la force électromotrice d'antenne. La courbe du courant détecté se présente alors sous la forme de la figure 2, s'il n'y a aucune saturation.

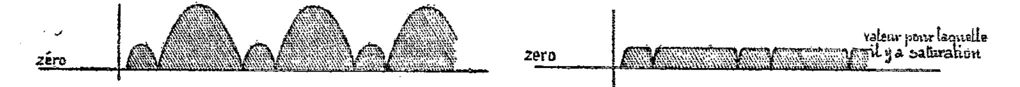


Fig. 2. — Courbe correspondante du courant détecté sans saturation.

Fig. 3. — Courbe déformée à la détection par la saturation.

Mais, comme la détectrice, après forte amplification, travaille près de son maximum, le courant détecté sera représenté par une courbe suivant la figure 3 présentant des maxima étalés.

En utilisant ensuite une amplification de basse fréquence à transformateurs, on obtiendra pour le courant à la sortie une courbe offrant une série de paliers suivis de pointes brusques, suivant la figure 4. Ce sont ces

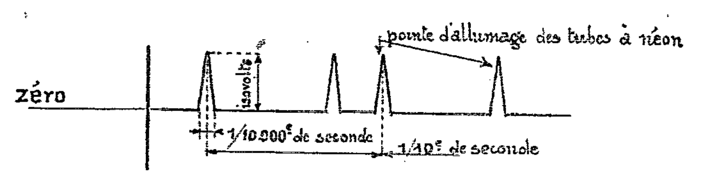


Fig. 4. — Courbe saturée amplifiée ensuite en basse fréquence.

pointes de courant, qui permettront d'illuminer les tubes à néon pendant un temps très bref.

L'amplification a été choisie de façon qu'on obtienne une tension d'environ 150 volts, pour les pointes d'allumage des tubes à gaz spéciaux, au moment du passage du cadre dans la direction de l'émetteur.

Un plateau, muni de fentes sous lesquelles sont fixés les tubes à néon, tourne sous un cadran en verre gradué, est entraîné par un petit moteur synchronisé à la même vitesse que le collecteur d'ondes. La vitesse de rotation est telle que les allumages se reproduisent à une fréquence permettant une vision stroboscopique suivant une ligne lumineuse qui permet une lecture directe sur cadran.

Pour que la vitesse soit synchronisée et que le zéro du cadre soit bien le même que celui de l'indicateur, on produit à chaque tour du collecteur d'ondes un top magnétique (résultant du passage en face l'une de l'autre, de deux masses feuilletées dont l'une, comportant un bobinage, est reliée à l'amplificateur), ce signal produit un éclair bref (produisant un zéro artificiel) sous le cadran gradué ; on amène le zéro de la graduation sur ce zéro artificiel qui matérialise celui de la position angulaire des cadres.

On peut mettre en parallèle un nombre quelconque de répétiteurs semblables à cet indicateur et à des distances quelconques.

L'indication de direction obtenue serait à 180° près celle de l'émetteur si l'on n'avait prévu un dispositif spécial pour lever l'incertitude. L'indicateur comporte deux tubes à néon placés à 170° l'un de l'autre et branchés en parallèle, de telle sorte que s'il n'y a pas d'effet d'antenne, les deux points de nullité donneront quatre allumages par tour ; pour les positions indiquées des tubes sans effet d'antenne, on aurait des éclairs à 0°, 10°, 180° et 190°.

En réglant l'effet d'antenne, qui agit toujours dans le même sens, on rap-

proche deux des allumages tandis qu'on écarte les deux autres; par tâtonnement, on arrive très aisément à superposer deux allumages en un seul, on en voit plus que trois en tout, formant une sorte d'Y renversé, la branche unique indique la direction exacte de l'émetteur.

OPTIQUE. — *Sur l'effet Raman dans les solutions salines.* Note de M. **A. da Silveira**, présentée par M. Villard.

Comme suite à une Note précédente [1], nous exposons ici les résultats de l'étude des solutions saturées de NH^4Cl, NH^4NO^3 et $(NH^4)^2SO^4$.

Les solutions des sels d'ammonium ont été étudiées par plusieurs observateurs et, comme on le sait, aucun n'a pu trouver même des traces du cation complexe NH^4. C'est pourquoi nous avons repris cette étude espérant que l'amélioration de notre technique pourrait faire apparaître les raies de ce cation. Ce travail se montrait d'ailleurs d'autant plus nécessaire que l'on connaît mal la structure de NH^4; il était intéressant de chercher si l'effet Raman ne fournirait pas des renseignements complémentaires de ceux que l'infrarouge a pu donner et, par suite, ne contribuerait pas à préciser cette structure.

Les résultats obtenus, exprimés en nombre d'ondes par centimètre, sont résumés ci-dessous.

NH^4NO^3........	–	–	718	–	1045	1116 1351	1668
$(NH^4)^2SO^4$.....	452	553–616–683	–	978	–	1116–1309–1467	1690
NH^4Cl^2.......	–	–	–	–	–	1115–1300–1453	1668

1° Dans le sulfate, les fréquences $\Delta\nu = 616, 452$ et 978 cm^{-1} sont connues et traduisent l'existence de l'ion SO^4 en solution; toutes les autres sont nouvelles. Les fréquences $\Delta\nu = 553$ et 683 cm^{-1} semblent être des compagnes de $\Delta\nu = 616$ cm^{-1}. Si cela est vrai, nous sommes de nouveau en présence d'une destruction de dégénérescence. On sait, en effet, que l'ion SO^4 possédant en première approximation la symétrie d'un tétraèdre régulier centré n'a que quatre modes normaux indépendants de vibration auxquelles correspondent quatre fréquences qui seront ici $\Delta\nu_1 = 978$ cm^{-1} (simple), inactive dans l'infrarouge; $\Delta\nu_2 = 452$ cm^{-1} (double), inactive dans l'infrarouge; $\Delta\nu_3 = 1103$ cm^{-1} (triple) et $\Delta\nu = 616$ cm^{-1} (triple), actives

[1] A. da Silveira, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1336.

dans l'infrarouge ([1]). Ce serait donc cette dernière qui serait détriplée. De tels cas commencent à être courants, puisque nous avons déjà mis en évidence le dédoublement des deux raies dégénérées de l'ion NO^3 [A. da Silveira et E. Bauer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 416; P. Grassmann (*Naturwissenschaften*, 22 juillet 1932) a signalé indépendamment de nous le même fait, mais ses observations se limitent à la raie $\Delta\nu = 717\,cm^{-1}$]. Il est naturel d'attribuer ce détriplement à un effet Stark interionique; conformément à la conception de E. Bauer (*loc. cit.*), bien que le rôle des cations soit hors de doute, ces perturbations semblent principalement dues à un couplage particulier entre les anions et les molécules d'eau. Cette hypothèse permettrait d'expliquer encore d'autres particularités comme nous l'avons signalé dans la Note ([1]) citée ci-dessus.

Quant aux bandes de fréquences $\Delta\nu = 1116$, 1309 et $1467\,cm^{-1}$, qui forment un triplet, elles manifestent indubitablement l'existence du cation complexe NH^4. La première composante de ce triplet cache $\Delta\nu_3$ de SO^4.

Il est vraisemblable que cet ion a également en première approximation la symétrie d'un tétraèdre régulier centré, puisque l'infrarouge ne donne nettement que deux fréquences vers $\Delta\nu_4 = 1400\,cm^{-1}$ et $\Delta\nu_3 = 3300\,cm^{-1}$ ([2]). Mais, dans cette hypothèse, les autres deux fréquences, correspondant à $\Delta\nu_1$ et $\Delta\nu_2$, devaient être particulièrement actives dans l'effet Raman et il n'en est pas du tout ainsi d'après nos observations. La cause de cette absence pourrait être cherchée dans une perturbation qui les rendrait inactives ou presque inactives. On pourrait, dans le même ordre d'idées, rendre cette même perturbation responsable du détriplement. Mais nous préférons l'interprétation proposée par Kastler pour NH^3 où il se passe quelque chose d'analogue ([3]). Les trois raies correspondraient ici aux trois branches P, Q, R de la bande vibration-rotation du *gaz* NH_4 qui aurait approximativement la même fréquence dans l'infrarouge.

Il nous semble exister encore une autre raie vers $\Delta\nu = 2770\,cm^{-1}$ attribuable à NH^4, mais nous n'avons pas pu observer les deux fréquences de $\Delta\nu = 3040\,cm^{-1}$ et $3092\,cm^{-1}$ trouvées par Schaefer ([4]) dans le NH^4Cl cristallisé, malgré l'emploi de trois raies excitatrices différentes; elles doivent certainement tomber dans des régions à fond continu important

---

([1]) Cf. Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, p. 218.
([2]) Cf. Schaefer et Matossi, *Das Ultrarote Spectrum*, p. 353.
([3]) Kastler, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1032.
([4]) Schaefer, Matossi, Aderhold, *Phys. Zeit.*, 31, 1930, p. 801.

qui les masque. La fréquence $\Delta\nu = 1690$ cm^{-1} que nous retrouvons maintenant dans la solution d'un sulfate a été interprétée dans la Note citée ci-dessus et appartient à l'eau. Nous voulons seulement remarquer qu'elle présente ici une valeur exceptionnellement élevée.

2° Dans le nitrate les fréquences $\Delta\nu = 718$, 1045 et 1351 cm^{-1} sont connues et appartiennent à NO^3. Il n'y a pas de dédoublement au moins pour $\Delta\nu = 718$ cm^{-1} ; de $\Delta\nu = 1351$ cm^{-1} nous ne pouvons rien dire à cause des bandes de NH^4 qui empiètent et masqueraient le phénomène. Cette bande de NO^3 masque d'ailleurs une partie du spectre de NH^4, en sorte que $\Delta\nu = 1351$ cm^{-1} représente simultanément une bande de NO^3 et deux bandes de NH^4. $\Delta\nu = 1668$ cm^{-1} est attribuable à l'eau.

3° Dans le chlorure toutes les fréquences sont nouvelles. $\Delta\nu = 1453$, 1300 et 1115 cm^{-1} révèlent l'existence de NH^4 et $\Delta\nu = 1668$ cm^{-1} appartient à l'eau.

Remarque sur les Notes précédentes. — M. H. Hulubei a essayé dans son montage d'effet Raman, utilisant la raie 2536 Å du mercure, une solution de $CaCl^2$ que nous avons soigneusement ultra-filtrée. Sur son cliché on retrouve la raie $\Delta\nu = 1654$ cm^{-1} que nous avons attribuée à l'eau.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Correction et addition à la description de l'équiline et de la folliculine.* Note [1] de M. C. **Gaudefroy**, transmise par M. Wallerant.

Dans une Communication précédente [2], j'ai décrit les formes orthorhombiques de ces deux corps. Depuis, j'ai recherché leurs paramètres absolus, aux rayons X, par la méthode du cristal tournant. Les résultats sont les suivants :

	Paramètres absolus en U. Å.			*Paramètres relatifs.*
	a.	*b.*	*c.*	*a/b : 1 : c/b.*
Équiline	6,42	9,06	23,5	0,708 : 1 : 2,59
Folliculine	7,84	10,0	10,2	0,78 : 1 : 1,82

La Note précédente porte une erreur de 1° sur l'angle $b^{1/2} : m$ de l'équi-

(1) Séance du 8 août 1932.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1020.

line (cet angle est de 167°,30′ au lieu de 168°,33′), ce qui a entraîné pour le paramètre *c/b* la valeur erronée 2,88 au lieu de 2,61 (2,59 par les rayons X). Le clivage est g^1 et non h^1. Pour la folliculine, le chiffre 1,626 pour le paramètre *c/b* est dû à une erreur de transcription et doit être remplacé par 1,826.

La séance est levée à 15ʰ5ᵐ.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 1er août 1932.)

Note de MM. *Georges Delbart* et *Edgar Lecœuvre*, Contribution à l'étude des fontes à basse teneur en carbone :

Page 387 (tableau), fonte n° 4, *au lieu de* Si = 2,98, *lire* Si = 3,22 %; fontes nos 5, 6, 7, 9, dans la colonne « Expansion », *au lieu de* 10^3, *lire* 10^{-3}.

Page 388, ligne 5 en remontant, *au lieu de* (ép. de 8 × 70), *lire* (ép. de 8 × 10).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale complète des équations aux dérivées partielles du second ordre.* Note [1] de M. N. **Saltykow**, transmise par M. J. Drach.

Il s'agit dans cette Note d'introduire quelques idées de P. Appell [2] dans la théorie développée par J. König et MM. E. Goursat, J. Drach, G. Cerf [3].

I. Prenons d'abord le système des deux équations

$$(1)\qquad r+\mathrm{H}(x,y,z,p,q,s)=0,\qquad t+\Phi(x,y,z,p,q,s)=0,$$

en usant des désignations habituelles (voir E. Goursat, 1, p. 3).

Formulons les deux théorèmes suivants, en considérant les quantités

$$(2)\qquad z,\quad p,\quad q,\quad r,\quad s,\quad t$$

comme fonctions des variables indépendantes x et y, liées par les relations

$$(3)\qquad dz=p\,dx+q\,dy,\qquad dp=r\,dx+s\,dy,\qquad dq=s\,dx+t\,dy.$$

---

(1) Séance du 5 septembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 90, 1880, p. 296.

(3) König, *Math. An.*, 24, 1887, p. 465; E. Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, 1, 2 (Chap. VI et VII); *J. Éc. Polytechn.*, 2e série, C. n° 3; J. Drach, *C. R. du deuxième Congrès Intern. des Math.*, 1900, p. 281; G. Cerf, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1544.

Théorème 1. — *Si les valeurs* (2) *de* r, s *et* t *vérifient les égalités*

$$\frac{\partial r}{\partial y}=\frac{\partial s}{\partial x},\qquad \frac{\partial s}{\partial y}=\frac{\partial t}{\partial x}, \tag{4}$$

il s'ensuit que les fonctions (2) *satisfont aux équations*

$$\frac{\partial r}{\partial x}+H_s\frac{\partial r}{\partial y}+D_1H=0, \tag{5}$$

$$\frac{\partial s}{\partial x}+H_s\frac{\partial s}{\partial y}+D_2H=0. \tag{6}$$

$$\frac{\partial s}{\partial y}+\Phi_s\frac{\partial s}{\partial x}+D_1\Phi=0, \tag{7}$$

$$\frac{\partial t}{\partial y}+\Phi_s\frac{\partial t}{\partial x}+D_2\Phi=0. \tag{8}$$

où H_s *et* Φ_s *représentent les dérivées partielles du premier ordre prises respectivement de* H *et de* Φ *par rapport à* S, D_1 *et* D_2 *désignant les dérivées partielles complètes du premier ordre prises respectivement par rapport à* x *et à* y, *immédiatement et par l'intermédiaire de* z, p *et* q.

Théorème 2. — *Si les fonctions* (2) *vérifient les équations* (1), (5), (8), *les conditions* (4) *en découlent comme conséquence immédiate.*

Cela étant, le système (1) sera complètement intégrable, si les deux équations (6) et (7) forment moyennant les relations (1), un système jacobien en s. Donc, l'intégrabilité complète du système (1) va s'exprimer par l'égalité

$$\frac{d}{dy}\left(\frac{D_2H-H_sD_1\Phi}{H_s\Phi_s-1}\right)=\frac{d}{dx}\left(\frac{D_1\Phi-\Phi_sD_2H}{H_s\Phi_s-1}\right). \tag{9}$$

En effet, la condition (9) étant vérifiée, l'intégrale complète du système (1) s'obtient par l'intégration du système des quatre équations aux différentielles totales, formé par les égalités (3) et par l'équation équivalente au système jacobien (6)-(7).

Si les équations (1) étaient en *involution*, la condition correspondant à cette hypothèse exprimerait que les deux équations (6) et (7) se confondent; les valeurs des dérivées $\partial s/\partial x$ et $\partial s/\partial y$ deviennent, dans ce cas, indéterminées, et la méthode d'intégration de Darboux peut être appliquée. Il est aisé, par conséquent, d'interpréter l'involution comme un cas *singulier* de l'intégrabilité complète.

II. Les considérations exposées s'appliquent à l'intégration d'une équa-

tion, si l'on cherche à lui ajouter une seconde équation, pour obtenir un système de deux équations complètement intégrable. Dans cette dernière hypothèse, la condition d'intégrabilité complète donne une équation que l'on dira *résolvante*, pour définir l'équation cherchée. Il suffit d'en avoir une solution particulière quelconque dépendant d'une constante arbitraire. L'intégrale complète cherchée va s'obtenir alors par l'intégration d'un système de quatre équations aux différentielles totales.

L'avantage de la méthode exposée c'est qu'elle permet d'étendre immédiatement, aux équations partielles du second ordre, la méthode d'intégration par séparation des variables. Un bel exemple en est l'équation $r = f(s, t)$, f désignant une fonction quelconque de s et de t. L'intégrale complète de cette dernière s'écrit

$$z = \frac{1}{2} f(C_1, C_2) x^2 + C_1 xy + \frac{1}{2} C_2 y^2 + C_3 x + C_4 y + C_5,$$

les C désignant cinq constantes arbitraires.

Enfin, la méthode esquissée s'applique de même dans les cas où celle de Darboux ne donne rien. Ainsi l'équation $s + kz = 0$, à coefficient constant k, admet l'adjointe $r + t + C_1 z = 0$, C_1 étant une constante arbitraire. Par conséquent, l'intégrale complète sera

$$z = C_2 e^{\alpha x - \beta y} + C_3 e^{\beta x - \alpha y} + C_4 e^{\alpha y - \beta x} + C_5 e^{\beta y - \alpha x},$$

$$\alpha \equiv \sqrt{-\frac{C_1}{2} + R}, \qquad \beta \equiv \sqrt{-\frac{C_1}{2} - R}, \qquad R \equiv \sqrt{\frac{C_1^2}{4} - k^2}.$$

Citons de plus l'équation $r + nq = 0$ et celle d'Euler $r - t = kp/x$, à coefficients constants n et k.

Leurs intégrales complètes seront respectivement :

$$z = C_1 \left(y - \frac{1}{6} n x^2 \right) x + C_2 e^{n(x-y)} + C_3 \left(y - \frac{n}{2} x^2 \right) + C_4 x + C_5,$$

$$z = C_1 \left(x^2 - \frac{k-1}{3} y^2 \right) y + C_2 \left(\frac{1}{k-1} x^2 - y^2 \right) + C_3 x^{k+1} + C_4 y + C_5 \qquad (k \gtrless 1),$$

$$z = C_1 x^2 y + C_2 [x^2 (\log x - 1) + y^2] + C_3 y + C_4 x^2 + C_5 \qquad (k = 1),$$

comme on le vérifie aisément.

HYDROGRAPHIE. — *Sur la possibilité de déterminer la pente du sol sous-marin au moyen d'un seul sondage acoustique.* Note (¹) de M. **Pierre Marti**, présentée par M. E. Fichot.

On a généralement admis jusqu'ici qu'un sondage acoustique isolé, en déterminant la plus courte distance du navire au sol sous-marin par la méthode de l'écho, ne pouvait pas indiquer si ce sol était horizontal ou incliné. Pour connaître la pente du sol sous-marin, on considérait qu'il fallait relever les profondeurs tout autour de l'endroit choisi afin de les comparer entre elles, autrement dit qu'il fallait dresser un fragment de la carte des profondeurs.

Il en est bien ainsi si l'on doit se limiter, dans l'opération de sondage, à la détermination de l'intervalle de temps qui sépare l'émission du phénomène acoustique de la réception de l'écho revenant du fond de la mer.

Mais si l'onde acoustique émise est assez puissante, le bâtiment reçoit plusieurs échos consécutifs dus au fait qu'à chaque retour l'onde acoustique se réfléchit sur la surface de la mer et retourne vers le fond pour s'y réfléchir à nouveau.

Supposons pour simplifier que l'immersion des appareils acoustiques et la distance de l'émetteur au récepteur soient négligeables.

Si le sol sous-marin est horizontal, les échos successifs sont évidemment séparés l'un de l'autre par des intervalles de temps égaux, dont chacun peut servir à déterminer la profondeur.

Au contraire, dans le cas de déclivité, les échos successifs ne se suivent plus à des intervalles de temps égaux, et la comparaison précise de ces intervalles permet de déterminer la pente du sol sous-marin, du moins lorsque cette pente est suffisante pour qu'il existe une différence appréciable entre la sonde acoustique (plus courte distance du navire au sol) et la hauteur d'eau comptée suivant la verticale.

De plus, cette comparaison fournit la correction dont il faut affecter les sondes acoustiques pour obtenir les hauteurs d'eau comptées suivant la verticale. Ce fait expérimentalement vérifié est un argument en faveur de l'inscription sur les cartes des hauteurs d'eau comptées suivant la verticale seulement.

(¹) Séance du 1er août 1932.

Soit A le bâtiment sondeur, se trouvant à une hauteur AB = P au-dessus d'un sol sous-marin plan, incliné d'un angle α sur l'horizontale (voir *fig.* 1,

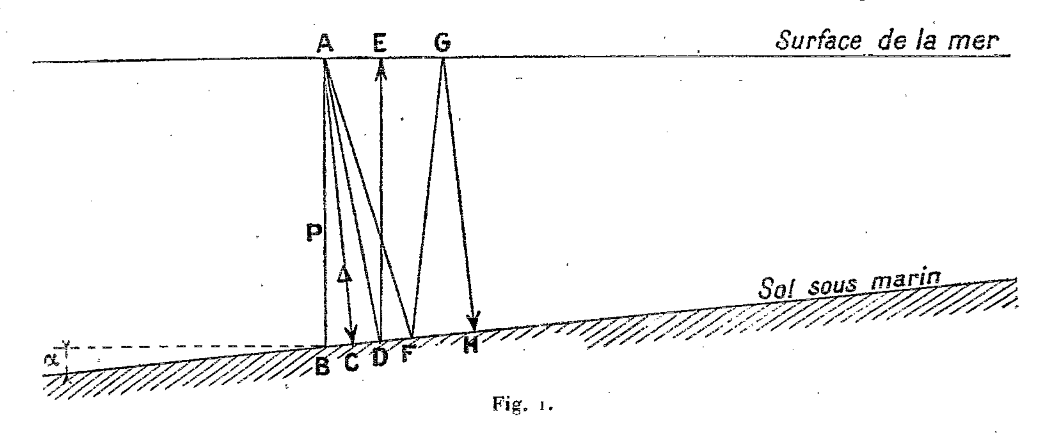


Fig. 1.

dans un plan vertical passant par une ligne de plus grande pente du sol sous-marin).

Le premier écho est formé par des rayons sonores qui se sont propagés suivant le parcours ACA, perpendiculaire en C au sol sous-marin ; il permet de déterminer la distance AC = Δ représentée sur le diagramme de l'appareil acoustique (*fig.* 2) par la longueur $ac = d$.

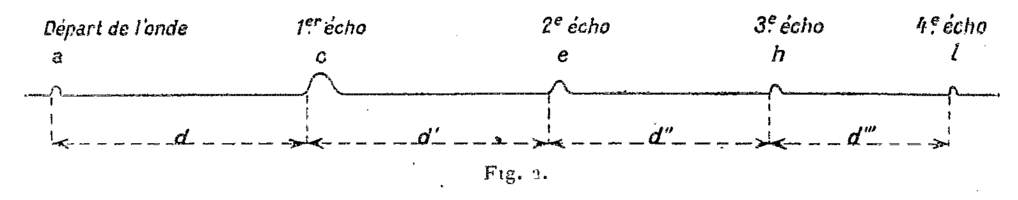


Fig. 2.

Le second écho est formé par des rayons sonores qui se sont propagés suivant le parcours ADEDA, perpendiculaire en E à la surface de la mer; il permet de déterminer la somme des distances AD + DE, qui est représentée sur le diagramme par la longueur $ae = d + d'$.

Le troisième écho est formé par des rayons sonores qui se sont propagés suivant le parcours AFGHGFA, perpendiculaire en H au sol sous-marin ; il permet de déterminer la somme des distances AF + FG + GH, qui est figurée sur le diagramme par la longueur $ah = d + d' + d''$.

Et ainsi de suite.

On démontre aisément que si l'on appelle e la différence des longueurs d

et d' du diagramme, on a sensiblement, d'une part,

$$d - d' = e, \qquad d' - d'' = 2e, \qquad d'' - d''' = 3e, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots;$$

d'autre part,

$$\tan\alpha = \sqrt{\frac{e}{d}};$$

enfin,

$$P = \Delta\left(1 + \frac{e}{2d}\right).$$

Ainsi, ayant obtenu sur le diagramme de sondage les enregistrements de deux échos consécutifs, il suffit, pour obtenir la hauteur d'eau comptée suivant la verticale :

1° de mesurer à l'aide de la graduation de l'appareil les deux profondeurs sondées apparentes, Δ entre le départ de l'onde et le premier écho, et Δ' entre le premier et le second écho ;

2° de former la différence $S = \Delta - \Delta'$;

3° d'ajouter la moitié $S/2$ de cette quantité à la première profondeur apparente Δ, la hauteur d'eau comptée suivant la verticale étant

$$P = \Delta + \frac{S}{2}.$$

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des calcaires glauconieux de la région d'Antsalova (Province de Maintirano), Madagascar.* Note [1] de M. **V. Hourcq**, présentée par M. L. Cayeux.

Depuis les explorations de Mouneyres et Baron, dont les récoltes furent décrites par H. Douvillé, cette formation fossilifère a été traversée et étudiée par L. Bertrand et Joleaud, Stansfield (*in* Spath), Schnaebelé, L. Barrabé et H. Besairie.

Tithoniques pour Bertrand et Joleaud, puis pour Schnaebelé, ces calcaires étaient datés du Kiméridgien par les deux derniers auteurs. Enfin, en 1930, dans ses *Remarques sur la faune d'Uitenhage*, Spath était amené à les considérer comme d'âge plutôt portlandien.

Au cours de mes dernières campagnes, j'ai pu recueillir de nombreux fossiles, dont les plus intéressants ont été confiés à M. Spath, pour détermination, et distinguer ainsi plusieurs zones.

De bas en haut, on y observe, en effet :

---

[1] Séance du 5 septembre 1932.

1° Une zone caractérisée par *Waagenia Hildebrandti* Beyrich. Cette forme rare est accompagnée par *Aspidoceras iphiceroides* Waag. (très fréquent), *Phylloceras* du groupe du *mediterraneum*, divers *Perisphinctes*, etc.

2° Une zone à *Haploceras elimatum* Oppel et *Hildoglochiceras Kobelli* avec *Aspidoceras iphiceroides* rare, *Hemisimoceras semistriatum* Spath, *H. nodulosum* Spath, *Strebblites indopictus* Uhlig, *St. planopictus* Uhlig, etc.

3° Une zone à *Perisphinctes : Virgatosphinctes denseplicatus* Uhlig, *V. frequens* Uhlig, *Aulacosphinctes natricoides* Uhlig, etc.

4° Une zone à formes hoplitoïdes, dans laquelle j'ai recueilli un exemplaire de *Spiticeras* indéterminable spécifiquement.

Les zones 2 et 3 avaient déjà été signalées par L. Barrabé.

La Paléontologie indiquerait donc (nous adoptons ici la classification admise dans l'Inde) : zone 1 : Kimeridgien moyen; zone 2 : Portlandien; zone 3 : Tithonique; zone 4 : Infra-Valanginien.

Quelques remarques s'imposent toutefois :

1° La rareté de *W. Hildebrandti*, localisée à l'extrême base des calcaires, semblerait indiquer que nous sommes à la limite de son extension verticale.

2° J'ai recueilli au même niveau, dans le même gisement, avec cette *Waagenia*, des fragments d'une Ammonite que je crois pouvoir rapporter à *Strebblites planopictus* Uhlig.

3° Il n'y a dans cette série peu épaisse (70^{m} environ) aucune indication lithologique de lacune.

Il n'est donc pas impossible que ces calcaires ne représentent qu'une partie infime du Kiméridgien, et que leur plus grande masse ne soit à rapporter au Tithonique, avec au sommet des couches de passage au Crétacé, correspondant au Berriasien.

La découverte de la faune à *Waagenia* qui, à l'Est d'Antsalova, vient immédiatement au-dessus de marnes jaunes, dont j'ai montré récemment l'âge callovien supérieur, me permet en outre de délimiter une lacune importante, allant du Callovien supérieur au Kiméridgien moyen, qui n'avait pas encore été signalée.

La séance est levée à 15^{h}5^{m}.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois d'aout 1932.

Inspection générale des mines et de l'industrie. Statistique générale de l'Indochine. *Indices économiques indochinois.* Hanoï, 1932; 1 fasc. 27cm.

Nouvelle méthode d'essais industriels des métaux, par G. Pichon. Nancy, Imprimerie arts graphiques, 1932; 1 fasc. 24cm,5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Observations géologiques dans la partie méridionale de l'Afrique équatoriale française (Bassins du Niari, de la Nyanga, du Djoué et du haut Ogooué), par V. Babet. Paris, Larose, 1932; 1 vol. 28cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 SEPTEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Jean Cantacuzène**, Professeur de l'Université de Bucarest, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, et à M. **Francisco-Miranda da Costa Lobo**, Directeur de l'Observatoire de Coïmbre, qui assistent à la séance.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission expérimentale de la lèpre humaine au rat blanc.* Note de MM. **J. Cantacuzène** et **S. Longhin**.

Nous avons montré (¹) l'existence d'un ultra-virus chez le bacille de Hansen; la méthode suivie par nous a consisté à filtrer sur bougie L^3 une émulsion de léprome et à inoculer ce filtrat dans la cavité péritonéale de rats blancs, dont on avait préalablement bloqué l'épiploon selon le procédé de Van Deinse. Les rats ainsi traités, après avoir considérablement maigri, présentèrent, au bout de 2 ou 3 mois, des bacilles de Hansen en assez grand nombre dans leur épiploon; cette multiplication de bacilles lépreux s'accompagnait d'une hyperplasie généralisée de tout le système ganglionnaire lymphatique.

Depuis ce premier travail nous avons réussi à provoquer régulièrement, chez le rat blanc, une infection généralisée mortelle par le bacille de Hansen. Pour cela on commence par bloquer l'épiploon de ces animaux en

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 103.

leur inoculant préalablement dans la cavité péritonéale 2^{cm^3} d'un mélange de 2^{cm^3} de phosphate disodique (solution à 5 pour 100) avec $0^{cm^3},5$ d'une solution de chlorure de calcium à 5 pour 100 (méthode van Deinse). Le précipité de phosphate de calcium ainsi obtenu se fixe rapidement sur l'épiploon; 24 à 48 heures plus tard on inocule dans le péritoine de ces mêmes animaux une émulsion, non filtrée, de léprome broyé. Une inoculation témoin de cette même émulsion au cobaye écartait l'objection d'une infection possible par le bacille de Koch. Les rats blancs employés étaient parfaitement sains; aucun cas de la maladie de Stephansky ne s'était jamais produit dans notre élevage entretenu depuis de nombreuses années au laboratoire. Le poids moyen des animaux oscillait autour de 200^g.

Les animaux ainsi inoculés font une maladie chronique mortelle qui les tue le plus souvent en 5 ou 6 mois. Le rat infecté maigrit, se cachectise, devient squelettique; il perd ses poils dont la chute est particulièrement accentuée à la base de la queue, dans la région inguinale, sur les cuisses et sur les flancs; sa peau se dessèche, présente des croûtes et des lésions squameuses localisées aux régions indiquées plus haut. L'un de nos animaux a présenté à la base de la queue une ulcération du diamètre d'une pièce de 1^{fr}.

Les lésions constatées à l'autopsie sont sensiblement les mêmes dans tous les cas. Le fait le plus frappant est l'hypertrophie ganglionnaire : les ganglions inguinaux, iliaques, axillaires, cervicaux, sous-maxillaires, intertrachéo-bronchiques sont très gros, de consistance assez dure, sans trace de caséification. Les ganglions iliaques et axillaires, en particulier, atteignent un volume considérable par rapport aux animaux normaux ou par rapport aux témoins n'ayant reçu qu'une injection de phosphate de calcium non suivie d'inoculation virulente; notons que ces derniers n'ont jamais présenté de bacilles acido-résistants pouvant faire soupçonner une infection par un microbe de sortie. La rate est également doublée ou triplée de volume. L'épiploon est très épaissi et présente de nombreuses adhérences avec les viscères voisins.

Sur les frottis d'épiploon, de ganglions divers ou de la rate, on trouve des bacilles acido-résistants. Il s'agit donc bien d'une infection généralisée. Chez les animaux témoins, ayant reçu une inoculation intra-péritonéale d'émulsion sans préparation préalable de l'épiploon, la résorbtion des bacilles inoculés est totale et complète au bout de 2 à 3 semaines.

Les bacilles ainsi mis en évidence sur les frottis se colorent tantôt d'une manière homogène, tantôt sous forme de files de granulations acido-

résistantes. On les trouve parfois isolés, mais le plus souvent sous forme de paquets, petits ou gros, en tout comparables aux « globies » classiques. Ils sont souvent intra-cellulaires, à l'intérieur des grands monocytes. Nous tenons à signaler ici qu'à côté des formes acido-résistantes absolument typiques on trouve, parfois en grand nombre, principalement à la surface de l'épiploon, des bacilles en tout comparables, morphologiquement, aux bacilles de Hansen, mais dépourvus d'acido-résistance; ils se colorent en bleu pâle par la double coloration, et présentent souvent une alternance de portions colorées et incolores rappelant l'aspect du bacille de la morve. Cette constatation nous permet de nous demander si, au cours de son évolution, le bacille de Hansen ne passe point par une phase où l'acido-résistance ferait défaut.

Cette infection lépreuse est transmissible en série : des rats blancs inoculés conformément à la technique signalée plus haut, au moyen d'une émulsion de ganglions ou d'épiploon provenant de rats lépreux, présentent une infection analogue à celle des rats de premier passage; la cachexie semble néanmoins se produire plus rapidement que chez ces derniers : 1 mois 1/2 après l'inoculation les animaux de second passage ont déjà perdu de 30 à 50^{g}; à ce moment leurs ganglions, fortement hyperplasiés, contiennent déjà des bacilles acido-résistants.

Signalons néanmoins chez ces animaux une sensible disproportion entre le nombre des acido-résistants visibles dans les frottis et la rapidité ou l'intensité de certains phénomènes tels que : l'hypertrophie ganglionnaire, la cachexie, les troubles cutanés; dès lors on a le droit de se demander si, dans des cas semblables, l'ultra-virus ne jouerait pas un rôle pathogène plus actif que les formes visibles elles-mêmes?

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Histoire physique, naturelle et politique de Madagascar*, publié par A. et G. Grandidier. Volume IV. *Magnétisme de Madagascar*, par Élie Colin. Revu et complété par Charles Poisson.

2° ASSOCIAZIONE ITALIANA DI CHIMICA, ROMA. RAFFAELE PIRIA, *Lavori scientifici e scritti vari*, raccolti da D. MAROTTA.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur une analogie entre l'électron de Dirac et l'onde électromagnétique*. Note de M. **LOUIS DE BROGLIE**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans la théorie de l'électron magnétique de Dirac, l'équation des ondes, en l'absence de champ extérieur, s'écrit en coordonnées rectangulaires x_1, x_2, x_3,

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\Psi}{\partial t} - \sum_{1}^{3}{}_j \alpha_j \frac{\partial\Psi}{\partial x_j} + \frac{2\pi i}{h} m_0 c \alpha_4 \Psi = 0, \tag{1}$$

les α_j étant les matrices bien connues.

En désignant par b le magnéton de Bohr $eh/4\pi m_0 c$, les densités de moment magnétique et de moment électrique peuvent s'exprimer par les formules

$$\left\{\begin{array}{ll} I_1 = \mu_{23} = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_2\alpha_3\alpha_4\Psi_k, & J_1 = \mu_{14} = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_1\alpha_4\Psi_k, \\ I_2 = \mu_{31} = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_3\alpha_1\alpha_4\Psi_k, & J_2 = \mu_{24} = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_2\alpha_4\Psi_k, \\ I_3 = \mu_{12} = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_1\alpha_2\alpha_4\Psi_k, & J_3 = \mu_{34} = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_3\alpha_4\Psi_k. \end{array}\right. \tag{2}$$

D'autre part, les composantes du moment de rotation propre (spin) sont

$$\sigma_1 = \sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_2\alpha_3\Psi_k \frac{h}{4\pi}, \qquad \sigma_2 = \sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_3\alpha_1\Psi_k \frac{h}{4\pi}, \qquad \sigma_3 = \sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^* \alpha_1\alpha_2\Psi_k \frac{h}{4\pi}. \tag{3}$$

Pour une onde plane monochromatique, le vecteur $\vec{I}$ a, en général, une orientation quelconque : le vecteur $\vec{J}$ est normal à la fois au vecteur $\vec{I}$ et à la direction de propagation. Pour les faibles vitesses, $\vec{\sigma}$ a même direction

que $\vec{\mathrm{I}}$. Mais, pour un électron animé d'une vitesse voisine de celle de la lumière, $\vec{\mathrm{I}}$ devient normal à la fois à $\vec{\mathrm{J}}$ et à la direction de propagation et $\vec{\sigma}$ se couche sur cette direction de propagation. Les vecteurs $\vec{\mathrm{I}}$ et $\vec{\mathrm{J}}$ sont donc disposés, dans ce cas limite, comme les champs de l'onde électromagnétique lumineuse dont ils ont les dimensions physiques.

Ceci suggère de passer de l'électron au photon. Admettons donc que nous puissions appliquer l'équation (1) au photon en faisant $e = m_0 = 0$, mais en gardant pour b la même valeur ou tout au moins une valeur finie. Alors à une onde monochromatique plane, correspondront toujours des vecteurs $\vec{\mathrm{I}}$ et $\vec{\mathrm{J}}$ égaux, normaux entre eux et normaux à la direction de propagation. L'analogie avec les vecteurs de l'onde électromagnétique lumineuse est évidente, mais les vecteurs sont ici invariables. Pour obtenir des vecteurs oscillants, il faut superposer des ondes de même direction. Prenons par exemple la solution

$$(4)\qquad \begin{cases} \Psi_1 = \sqrt{\dfrac{a}{8}}\,(e^{i\Delta_1} + e^{i\Delta_2}), & \Psi_3 = \sqrt{\dfrac{a}{8}}\,(e^{i\Delta_1} + e^{i\Delta_2}), \\ \Psi_2 = \sqrt{\dfrac{a}{8}}\,(e^{i\Delta_1} - e^{i\Delta_2}), & \Psi_4 = \sqrt{\dfrac{a}{8}}\,(e^{i\Delta_1} + e^{i\Delta_2}), \end{cases}$$

avec

$$(5)\qquad \Delta_1 = 2\pi\nu_1\left(t - \frac{z}{c}\right), \qquad \Delta_2 = 2\pi\nu_2\left(t - \frac{z}{c}\right).$$

Le calcul donne :

$$(6)\qquad \begin{cases} \mathrm{I}_x = \mathrm{I}_z = \mathrm{J}_y = \mathrm{J}_z = 0, & \mathrm{I}_y = \mathrm{J}_x = ab\sin(\Delta_2 - \Delta_1), \\ \sigma_x = \sigma_y = 0, & \sigma_z = a\dfrac{h}{4\pi}\cos(\Delta_2 - \Delta_1). \end{cases}$$

Les vecteurs $\vec{\mathrm{I}}$ et $\vec{\mathrm{J}}$ sont donc ici tout à fait analogues aux champs dans une onde électromagnétique de fréquence $\nu_2 - \nu_1$.

GÉOLOGIE. — *A propos des matériaux d'Angkor et sur quelques points de la stratigraphie et de la structure géologique du Cambodge septentrional et oriental.* Note [1] de MM. **J. Fromaget** et **F. Bonelli**, transmise par M. Jacob.

Sur la demande de M. Parmentier, Chef du Service archéologique de l'École française d'Extrême-Orient, nous avons étudié des fragments de grès provenant des monuments d'Angkor (Cambodge). Ils sont de deux sortes. Les uns (14 échantillons), verdâtres et un peu micacés, montrent à l'œil nu de petites taches blanches feldspathiques. Au microscope, il s'agit d'un grès essentiellement arkosique, mais comprenant, en dehors des éléments propres au granite, des cristaux d'andésine et des grains de porphyrite et de quartzite. Le ciment, d'habitude argileux, est cependant calcaire dans un échantillon. Les autres grès (3 éch.), rougeâtres et plus siliceux, ne montrent guère au microscope que des grains de quartz et de quartzite, noyés dans un ciment argilo-ferrugineux qui forme le tiers de la masse. Tous ces grès, à grains fins et avec des éléments assez anguleux et bien calibrés, se sont sans doute déposés presque sur place et dans des eaux tranquilles. Ils appartiennent à des formations bien connues, grâce à l'étude que poursuit depuis trois années l'un de nous, M. Bonelli, sur le Cambodge septentrional et oriental.

Le grès rouge paraît provenir des Grès supérieurs du Laos, qui forment notamment l'escarpement des Dangreck au Nord du Cambodge, le Pnom Koulen à 30^{km} au NE d'Angkor et d'autres affleurements dans la plaine entre Siem Réap et Sisophon. Le Koulen peut donc avoir fourni une partie des matériaux des monuments, mais non les grès verts qui y sont inconnus jusqu'ici. Par contre, ceux-ci se voient au SE du Pnom Pour, à 95^{km} d'Angkor, où ils s'appuient soit sur des porphyrites, soit sur des quartzites inférieures à celles-ci ou même sur des granites. Au Pnom Pour, on trouve d'ailleurs tous les éléments, granites, porphyrites et quartzites, des grès verdâtres d'Angkor.

Les grès verts arkosiques font partie d'une importante formation qui se place entre : 1° un vieux substratum mal connu, mais dans lequel ont été

---

(1) Séance du 12 septembre 1932.

identifiés des granites très acides à tourmaline, des micaschistes, puis des schistes quartziteux d'âge cambrien à *Planolites* et Trilobites (*Asaphiscus* aff. *gregarius* Wale), métamorphisés parfois par des granites intrusifs plus récents, moins acides que les précédents et probablement anthracolithiques; 2° un revêtement, sans doute un peu discordant et également presque horizontal, de Grès supérieurs, dont les couches les plus basses ne sont pas antérieures au Rhétien ainsi qu'on le verra plus loin. La formation verte contient aussi des roches volcaniques ou filoniennes, acides et basiques. Elle commence généralement par des coulées et des intrusions de porphyrites, sur lesquelles transgressent des poudingues assez grossiers, bleus ou verts; puis viennent des alternances de grès, de grès schisteux et de schistes, toujours verdâtres et souvent micacés ou marneux, qui contiennent sporadiquement des coulées rhyolitiques et dacitiques ou bien des intercalations marines fossilifères. A l'aide de celles-ci, on a pu identifier : 1° de l'Anthracolithique avec des quartzites à Brachiopodes (*Spirifer*) et des calcaires à Fusulines (*Verbeekina Verbeeki*); 2° du Trias avec des schistes gréseux à Ammonites du Virglorien (*Balatonites* cf. *Zitteli*, etc.), des calcaires à *Hörnesia*, des grès à *Gervilleia Myophoria*, etc., puis des calcaires à *Spiriferina;* 3° du Trias ou du Rhétien à *Araucarioxylon*, souvent transgressif.

Ces formations gréso-schisteuses sont donc comprises dans l'Anthracolithique et le Trias; peut-être montent-elles jusque dans le Rhétien. Elles se présentent en outre comme la couverture d'un vieux continent, resté sur sa plus grande étendue à l'abri des mouvements orogéniques qui ne se sont traduits sur lui que par de larges plis de fonds rarement cassants et par quelques plissements liminaires. Les anciens auteurs, pensant le relier à Bornéo, en avaient fait le môle Cambodge-Bornéo. L'un de nous, M. Fromaget, l'a désigné en 1929 par le nom d'*Indosinia*.

L'extension des formations détritiques, y compris les Grès supérieurs, des *Indosinias*, dirons-nous, commence à être bien connue; mais leur horizontalité paraît se limiter, abstraction faite des grès supérieurs toujours horizontaux, à la partie de l'Indochine entre : d'une part, la chaîne annamitique depuis Van Vieng, au Nord de Vientiane, jusqu'à l'Ouest de Kratié, et de l'autre, les bordures occidentales de la plaine de Vientiane et du bassin du Nam Si, puis le Tonlé Sap.

Dans ce domaine, les Indosinias ont fourni jusqu'à présent des flores : westphalo-stéphanienne (J. Hoffet), éopermienne (J. Fromaget), triasiques (E. Saurin et F. Bonelli) et rhétiennes (J. Hoffet) dont les affinités

sont nettement eurasiatiques, l'influence de Gondwana ne se manifestant qu'à partir du Trias.

Dans l'ensemble, on peut diviser les Indosinias en 3 séries qui sont, en partant du sommet : 1° les grès supérieurs, souvent salifères, blancs, gris ou rouges par oxydation, avec ou sans terrain rouge; 2° le terrain rouge triasique, comprenant quelquefois deux horizons, l'un appartenant au Norien et avec doute au Rhétien, l'autre appartenant au Trias moyen et à la base du Trias supérieur, celui-ci souvent absent; 3° la série gréso-schisteuse, bleue ou verdâtre, anthracolithique et aussi parfois éotriasique avec ses rhyolites et ses porphyrites.

Ces Indosinias peuvent passer latéralement à des formations de mer plus profonde.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du Jurassique dans l'Elbourz central.* Note (1) de M. **A. Rivière**, transmise par M. Ch. Jacob.

Bajocien-Bathonien. — La découverte d'Ammonites appartenant à ces niveaux, due à M. Erni, est fort récente. Dans les *Eclogae Geologicae Helvetiae* (*Découverte du Bathonien fossilifère dans l'Elbourz*, 14, II, 1931), a publié les premiers résultats de l'étude d'une faune recueillie par lui dans la vallée du Delitchaï. En dehors de la plupart des espèces citées par lui, j'ai trouvé, dans le même gisement :

Parkinsonia Bigoti Nicolesco, *Parkinsonia subarietis* Wetzel, *Bigotites Nicolescoi* De Grossouvre, *Oppelia subradiata* Sow., *Oppelia* aff. *notabilis* Roemer, *Oekotraustes genicularis* Waagen, *Cadomites rectelobatus* Hauer, *Cadomites* aff. *Bigoti* Munier-Chalmas, *Cadomites Braikenridgii* d'Orb. (non Sow.), *Stepheoceras subcoronatum* Oppel, *Perisphinctes* (*Grossouvreia*) *aurigerus* Oppel, *Perisphinctes* (*Procerites*) *Schloenbachi* De Groussouvre et *Phylloceras* aff. *Friderici-Augusti* Pompeckj.

Outre les Ammonites, le gisement contient des restes peu déterminables de Bélemnites, de Nautiles, de Gastéropodes et de Lamellibranches, accompagnés de Rhynchonelles et de Térébratules. Les mieux caractérisées de ces dernières peuvent être rapportées à *Terebratula dorsoplicata* Suess, du Callovien inférieur.

L'ensemble des fossiles semble indiquer que les couches à Céphalopodes

(1) Séance du 12 septembre 1932.

les plus anciennes datent au moins du Bajocien moyen (zone à *Witchellia Romani*) et se poursuivent jusqu'à la fin du Bathonien, peut-être même légèrement plus haut, si l'on doit attacher quelque importance à la présence de *Phylloceras* aff. *Friderici-Augusti* et de *Terebratula dorsoplicata*.

Ces couches se prolongent vers l'Ouest au moins jusque vers Aineverzan où elles sont également fossilifères. D'autre part, j'ai recueilli deux échantillons de *Parkinsonisa Parkinsoni* Sow., vers la base de l'épaisse série calcaire qui forme la partie supérieure des terrains jurassiques dans toute la région.

Il est donc probable que la sédimentation calcaire se généralise dans l'Elbourz central dès le milieu du Bajocien, ou au plus tard au Bathonien, révélant ainsi l'existence d'une mer déjà profonde. C'est le triomphe définitif de la transgression qui, avec des alternatives d'avance et de recul, se développait dès le Domérien.

Callovo-Oxfordien et Jurassique supérieur. — Ces niveaux sont habituellement représentés par une épaisse série calcaire de faciès variés, mais généralement peu fossilifères. Cependant, j'ai trouvé, en différents gisements, nouveaux pour la plupart, quelques espèces non encore signalées :

Callovien. — Gisement de Doab (Mazanderan) : *Perisphinctes subpatina* Petitclerc et *Hecticoceras Lugeoni* de Tsytovitch. — Environs de Démavend : *Reineckeia multicostata* Petitclerc.

Lusitanien inférieur (ou peut-être *Oxfordien supérieur*, zone à *Cardioceras cordatum*). — Gisement de Doab : *Perisphinctes* cf. *subrota* Choffat.

Lusitanien (zone à *Peltoceras transversarium*). — Environs d'Aineverzan : *Perisphinctes* aff. *Mindowe* Choffat.

Lusitanien supérieur (ou *Kiméridgien inférieur*, zone à *Streblites tenuilobatus*). — Environs de Démavend et d'Aineverzan : *Perisphinctes Achilles* d'Orb.

Portlandien ou *Berriasien.* — Environs d'Aineverzan : *Hoplites* (*Berriasella*) *Calisto* d'Orb.

Les fossiles les plus récents signalés jusqu'ici dataient du Lusitanien. L'échantillon malheureusement unique de *Berriasella Calisto*, espèce fréquente dans les couches de Berrias, montre, autant que peut le faire la découverte d'un fossile isolé, que la sédimentation calcaire s'est poursuivie, en certains points, au moins jusqu'à la fin du Jurassique. C'est au-dessus de ces couches que viennent les brèches et les poudingues calcaires qui terminent fréquemment la série jurassique dans l'Elbourz central.

La découverte d'*Hoplites Calisto* diminue la lacune entre le Lusitanien et les couches à Ammonites néocomiennes (région de Geschiser) ou les niveaux à Rudistes plus élevés (vallée du Héras), qui, en quelques points, reposent, sans discontinuité apparente, sur les calcaires du Jurassique supérieur.

GÉOLOGIE. — *La série ancienne du pays de Skoura (Haut-Atlas central marocain)*. Note [1] de MM. **L. Clariond**, **N. Gouskov** et **E. Roch**, transmise par M. Ch. Jacob.

Le pays de Skoura est situé sur le versant Sud du Haut-Atlas, au pied du Djebel Anghemeur, à l'Est du Télouet et au Nord du Taourirt de Ouarzazat (Feuilles topographiques de Télouet-Est et de Dadès-Ouest).

L. Gentil [2], en longeant la montagne, y avait déjà noté la présence du Viséen à Tétracoralliaires. Dernièrement, M. L. Moret [3] a retrouvé en de nombreux points le même étage, qu'il distingue ailleurs des zones de « Primaire à Dévonien dominant ».

Nos explorations montrent que la série ancienne offre un développement remarquable, déjà soupçonné par M. L. Moret. On en jugera par la description des deux profils ci-contre, tracés à quelque six kilomètres l'un de l'autre.

I. La première coupe part des gorges de l'Oued el Maïout, en amont de Lahouent, pour aboutir au Tizi n'Tafouzaret, tout proche du Tizi n'Fedghat. Nous avons observé la succession suivante, de bas en haut :

1° *Algonkien* ?. — Grès bruns et quartzites verts, à patine noire, redressés à 45°. *Discordance*.

2° *Cambro-Ordovicien* ?. — *a*. Conglomérat de base, dont les éléments atteignent parfois un demi-mètre cube de volume, grès jaunes et rouges, gravier roulés (3 à 5^m); *b*. Schistes gréseux, micacés, verts, quartzites en minces lits, fossilifères tout près

---

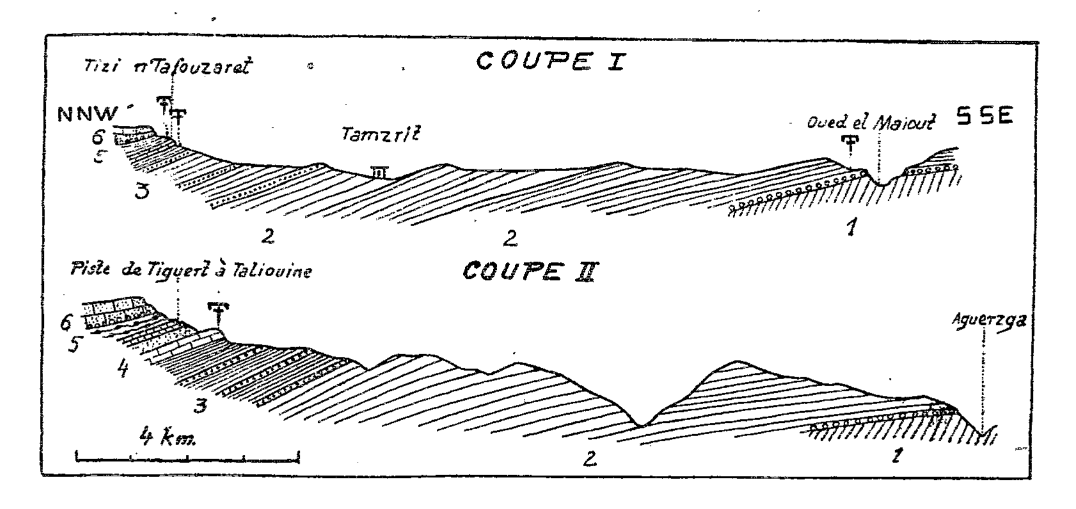
[1] Séance du 12 septembre 1932.

[2] L. Gentil, in *Mission de Segonzac* (1904-1905), *Recherches de géologie et de géographie physique*, p. 719-720. Un volume in-8, Paris, Larose, 1910.

[3] *Recherches géologiques dans l'Atlas de Marakech*. in-8, 262 pages, XII planches (*Mémoires du Service des Mines et de la Carte géologique*, p. 80-82, Rabat, 1931).

du conglomérat (*Conocoryphe Heberti-Sulzeri* et *Paradoxides* sp.). Il s'agit donc certainement d'Acadien ;

c. Grès verts et schistes alternant sur une très forte épaisseur. Vers le haut, les schistes noirs, argileux, micacés. prédominent nettement sur les grès. Cet ensemble, qui représente peut-être le Cambrien supérieur et l'Ordovicien, n'a pas livré jusqu'ici de fossiles.



3° *Gothlandien*. — Schistes gréseux, vert clair, surmontés de schistes noirs à *Cardiola interrupta* et à Graptolites.

4° *Viséen supérieur* (au Tizi n'Tafouzaret). — Calcaires à *Productus;* puis schistes noirs ou gris, argileux, calcaires à entroques. A noter ici que les couches fossilifères gothlandiennes sont à peine distantes de un ou deux mètres du Viséen caractérisé. Ce dernier a livré une riche faune, où nous avons reconnu : *Productus giganteus*, *P. pustulosus*, *P. semireticulatus*, *Spirifer striatus*, *Sp. cinctus*, *Davisiella comoides*, etc. *Faible discordance.*

5° *Permo-Trias* (ou *Stéphano-Trias*) rutilant, du type classique décrit depuis longtemps.

II. La seconde coupe, tracée d'Aguerzga à Taliouine, est identique à la précédente, jusqu'au Gothlandien fossilifère inclus (n° 3), comportant des niveaux calcaires noirs remarquables, riches en Encrines et en Brachiopodes. Il supporte, en concordance, ainsi que l'un de nous (L. C.) l'a observé au-dessus de Zaouit n'Aït Zerouel, des calcaires rognoneux, jaune clair, à *Panenka*, des calcaires du type griotte rose, puis des schistes tendres. Il s'agit très probablement de couches d'âge eifélien (n° 4). Le Viséen supérieur (n° 5), toujours très fossilifère, se termine ici par une épaisse série de

schistes noirs alternant avec des niveaux noduleux à Goniatites (*Prolecanites serpentinus* Ghill, *Goniatites striatus* Sow. Déterminations de M. Delépine.)

Le Permo-Trias (n° 6) recouvre alors le Viséen en concordance apparente.

Les deux coupes précédentes montrent : 1° l'individualité d'une série non métamorphique, vraisemblablement algonkienne, discordante sous l'Acadien fossilifère; 2° l'existence de mouvements d'âge antéviséen ([1]). De fait, le Viséen repose directement, sans que l'on puisse supposer des suppressions d'étages sous l'effet d'efforts tangentiels, tantôt sur le Gothlandien, tantôt sur le Dévonien. Ce dernier, quand il existe, est d'ailleurs d'épaisseur très réduite.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'un gisement de plantes fossiles dans la formation pliocène de Perrier près Issoire (Puy-de-Dôme).* Note ([2]) de MM. **Pierre Marty** et **Pierre Bout**, transmise par M. Ch. Jacob.

La formation pliocène, alluviale et volcanique, de Perrier a livré une faune de Vertébrés, que les travaux de MM. Boule, Stehlin et Depéret ont rendue célèbre. Jusqu'ici on ne connaissait dans la même formation que quelques empreintes végétales, signalées par Munier-Chalmas et Michel-Lévy ([3]) dans les argiles et cinérites de la série inférieure (p^0 de la carte).

Nous venons d'avoir la bonne fortune d'y découvrir un gisement de feuilles qui recèle un certain nombre d'espèces.

Le banc fossilifère affleure au Nord du plateau, sur le flanc droit de la petite vallée de Boissac. Dans le ravin qui se trouve exactement au Sud du piton basaltique de Sauvagnat, on peut relever la coupe suivante :

Entre l'Oligocène de base et le Conglomérat supérieur s'intercalent deux séries de couches : la première (1 à 5) est horizontale; elle est ravinée par la seconde (*a*, *b* et *c*).

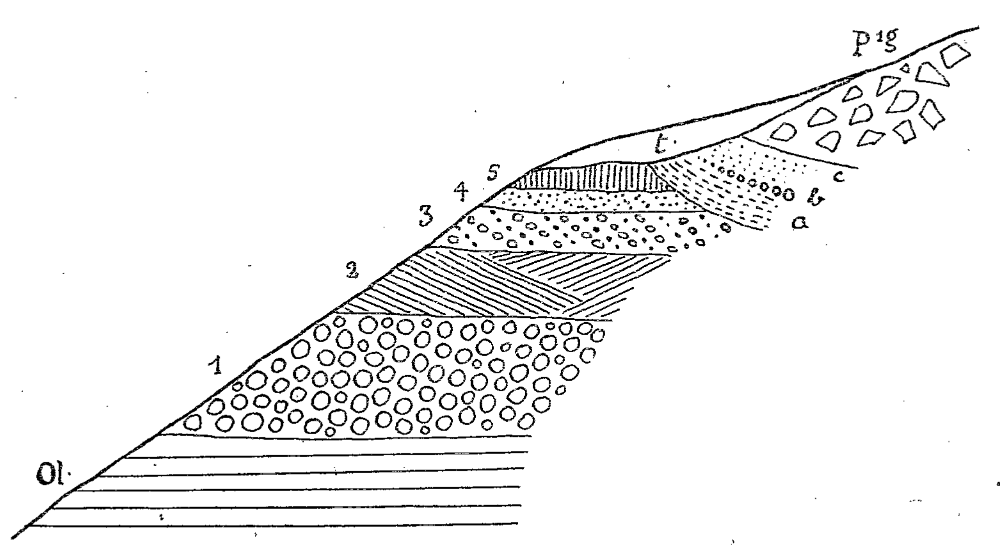
([1]) Il semble que les mouvements antéviséens se soient aussi produits ailleurs au Maroc. L'un de nous (L. C.) en a observé la manifestation à l'Est de Taouz (S. du Tafilalet) ainsi que dans la région de Djerada. On les retrouvera sans doute en d'autres points.

([2]) Séance du 12 septembre 1932.

([3]) *Étude sur les environs d'Issoire* (*Bull. Soc. Géol.*, 3e série, 17, 1889, p. 30).

Notre niveau à plantes occupe le sommet de la première série. Il est sensiblement à la même altitude que le niveau fossilifère des Étouaires (515^m). Par contre il est situé à 40^m plus bas que celui de Roca Neyra (555^m) qui est interstratifié dans la masse du Conglomérat supérieur (p^{1g}).

Voici la liste des espèces végétales actuellement connues de Perrier : *Taxodium dubium* Heer, *Bambusa lugdunensis** Sap. et Mar., *Smilax Bouti*



Ol, oligocène; 1, Poudingue à nombreux galets de basalte : 8^m; 2, Sable fin ponceux : 4^m; 3, Sable, graviers, galets : 2^m; 4, Sable fin jaune, micacé : 0^m,50; 5, Cinérite grise, compacte; niveau à plantes : 0^m,80; *a*, Sable grossier : 2^m; *b*, Cordon de galets : 0^m,40; *c*, Sable argileux : 1^m, 25 p^{1g}, Conglomérat supérieur; *t*, terre végétale et éboulis.

nov. sp., *Populus canescens*+ Sm., *Betula alba** L., *Alnus orbicularis** Sap., *Alnus stenophylla*+ Sap. et Mar., *Fagus pliocenica** Sap., *Quercus Ilex** L., *Ulmus Braunii** Heer. *Planera crenata** Spach., *Acer polymorphum** Sieb. et Zucc., *Grewia crenata** Heer., *Punica Planchoni* Sap., *Hedera Helix** L., *Buxus balearica* Willd.

On note, au total, 16 espèces. Celles qui ont été trouvées dans les *Cinérites pontiennes et plaisanciennes* du Cantal sont marquées d'un astérisque et celles qui l'ont été à Ceyssac, dans les *Sables à Mastodontes*, d'une croix. Les premières sont au nombre de 10, les secondes au nombre de 2. D'autre

part, la florule de Perrier renferme 42 pour 100 d'espèces devenues exotiques; la flore des Cinérites pontiennes et plaisanciennes du Cantal 48 pour 100 et celle de Ceyssac 35 pour 100. La florule de Perrier semble donc bien intermédiaire, comme âge, entre la flore des Cinérites du Cantal et celle de Ceyssac et plus près de la première que de la seconde.

Rappelons que le Conglomérat andésitique de Perrier et les Sables à Mastodontes de Ceyssac ont d'abord livré les mêmes espèces de Mammifères; aussi a-t-on synchronisé ces gisements en les plaçant tous deux soit au niveau du Pliocène moyen, soit au niveau du Pliocène supérieur. Mais, depuis lors, M. Stehlin a exhumé un Hipparion de Perrier (Roca Neyra) et M. Laurent un Éléphant du Crozas. Il semble donc logique de vieillir Perrier ou, ce qui revient au même, de rajeunir Ceyssac. Les données de la paléontologie végétale confirment celles de la paléontologie des Mammifères pour établir l'antériorité du Conglomérat andésitique de Perrier par rapport aux Sables à Mastodontes du Velay, ce qui apporte de nouvelles précisions sur la chronologie des éruptions du Massif Central de la France.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de la fièvre boutonneuse au cobaye*. Note de MM. **Jean Caminopetros** et **B. Contos**, présentée par M. E. Roux.

Comme l'a montré l'un de nous ([1]) l'inoculation péritonéale au cobaye de tiques du chien *Rhipicephalus sanguineus*, infectées avec le virus de la fièvre boutonneuse, détermine chez le cobaye mâle une maladie caractérisée par de la fièvre et de l'œdème scrotal, qui est transmissible en série. Ce fait nous a incité à reprendre l'étude de la sensibilité du cobaye au virus boutonneux par inoculation de sang de personnes malades ou de sang d'animaux infectés expérimentalement ainsi que par piqûre de tiques infectées. Cette fois nous avons procédé à ces expériences de transmission en utilisant un nombre plus grand de cobayes pour chaque essai tout en ayant soin d'inoculer de fortes doses de sang à chaque animal; avec cette technique nous avons trouvé que le cobaye peut être également infecté par inoculation péritonéale et sous-cutanée du sang de malades ou du sang de singes et de

([1]) Jean Caminopetros, *C. R. Soc. Biol.*, 110, 1932, p. 344.

spermophiles infectés par inoculation de tiques ou de sang de malades. L'injection de doses élevées de sang défibriné (5 à 10^{cm^3}) au cobaye mâle est suivie après incubation de 8 à 13 jours de réaction fébrile et d'œdème scrotal évoluant pendant plusieurs jours. Le nombre de cobayes présentant de la périorchite fébrile varie dans chaque expérience de 3 à 4 sur 10.

Nous avons pu expérimenter jusqu'à présent avec le sang de 6 malades prélevé à différentes dates de la maladie; il s'agissait de cas typiques de fièvre boutonneuse, la plupart provenant de l'ancien foyer du quartier de Saint-Denys au Pirée, avec éruption maculopapuleuse généralisée et avec dans un cas la tache noire pathognomonique. De tiques récoltées sur des chiens vivants, dans les maisons de ces malades furent utilisées à inoculer des cobayes et chaque fois tous les animaux inoculés présentèrent la périorchite fébrile typique.

Trois séries d'expériences faites avec le sang de deux singes (*Macacus Sinicus*, *Cercopithecus Sabæus*) infectés l'un par inoculation de tiques capturées sur des chiens d'un de nos malades, l'autre par inoculation de tiques provenant de Volo, donnèrent les mêmes résultats que les expériences avec le sang de personnes malades.

L'inoculation de sang ou de viscères de spermophiles infectés par inoculation de tiques ou de sang de malades se montra d'une égale virulence pour le cobaye dans quatre séries d'expériences. L'infection du cobaye par piqûre de tiques fut aisément réalisée avec des larves de tiques injectées. Le passage de cobaye à cobaye se fait aisément par inoculation péritonéale d'une émulsion de vaginale ou de cerveau provenant d'un animal infecté.

Deux sujets relevant de la pyrothérapie inoculés sous la peau, l'un avec l'émulsion de la vaginale d'un cobaye avec du sang d'un malade, l'autre avec du cerveau d'un cobaye inoculé avec du sang de singe infecté, présentèrent une forme typique de la fièvre boutonneuse.

La spécificité de la maladie du cobaye est démontrée en outre par les faits ressortant des expériences suivantes :

1° Par la démonstration, par épreuve sur cobaye du pouvoir neutralisant du sérum des convalescents ou d'animaux immunisés.

De nombreuses expériences nous ont permis de constater que le sérum de convalescents et de singes immunisés par innoculation de tiques neutralise à la dose de 6^{cm^3} le virus (émulsion de tiques) qui, inoculé dans le péritoine du cobaye, provoque sûrement la périorchite fébrile ; tandis que le sérum de malades atteints de typhus se montre sans action.

2° Par l'absence d'immunité chez les cobayes, ayant réagi au virus boutonneux, vis-à-vis du virus du typhus mondial et du typhus murin.

Dans nos expériences, nous nous sommes servi de la souche du typhus du professeur Ch. Nicolle et d'une souche du typhus murin, isolée par nous depuis trois mois, qui provoque constamment la périorhite fébrile du cobaye. 17 cobayes ayant réagi 1 à 2 mois auparavant au virus boutonneux, éprouvés avec ces deux virus, ont tous présenté la réaction typique de typhus en même temps que les témoins; l'expérience inverse fut réalisée avec 13 cobayes inoculés deux mois auparavant avec le virus du typhus murin : tous ont nettement réagi à l'inoculation de virus boutonneux.

Conclusions. — 1° La fièvre boutonneuse est transmise au cobaye par inoculation de sang de malades ou d'animaux infectés expérimentalement ainsi que par piqûres de tiques infectées. La maladie du cobaye, caractérisée par de la fièvre et surtout par l'œdème scrotal, est transmissible en séries.

2° Les expériences d'immunité croisée différencient nettement la maladie du cobaye déterminée par le virus boutonneux de celle provoquée par le virus du typhus mondial et du typhus murin.

3° L'utilisation du cobaye permet de mettre en évidence les propriétés neutralisantes du sérum des sujets convalescents de la fièvre boutonneuse et des animaux immunisés.

La séance est levée à 15^h25^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Mascart** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *G. Bigourdan*.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Fonderie du magnésium : coulée en sable à vert.* Note (¹) de MM. **A. Caillon** et **R. de Fleury**, transmise par M. C. Matignon.

Cette Note, complément d'une précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2143), est extraite des travaux entrepris sur l'initiative et avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique, en vue de préciser dans un but objectif les conditions techniques et économiques de la fonderie industrielle des pièces de magnésium pour l'aviation.

L'affinité chimique du magnésium pour la vapeur d'eau nécessitait, il y a encore peu d'années, en fonderie, l'usage de moules en sable étuvés à cœur, et rendus de ce fait très fragiles. La question de la coulée à vert a pu être résolue depuis, grâce à certains produits d'addition ajoutés au sable humecté normalement pour le moulage. En particulier la formule suivante, donnée à titre d'exemple, convient pour la constitution d'un sable neuf à appliquer sur modèle ou à ajouter au sable de remplissage ayant déjà servi :

Sable argileux (8 % Al^2O^3 + 90 % SiO^2)	10^{kg}
Sable blanc siliceux (99 % SiO^2)	30^{kg}
Soufre en fleur	400^g
Fluorure d'ammonium	400^g

(¹) Séance du 19 septembre 1932.

L'effet de ces corps, encore mal défini, empêche, en fait, l'attaque du magnésium par la vapeur d'eau malgré la présence de cette dernière. Dans l'atmosphère confinée du moule, le soufre doit se maintenir à l'état de vapeur protectrice de soufre S et non de SO^2, gaz lui-même décomposable en présence du magnésium en excès, suivant la réaction

$$SO^2 + 2Mg = S + 2MgO.$$

Le fluorure NH^4F (ou NH^4HF^2) complète l'effet isolant par sa décomposition à chaud en acide fluorhydrique, lequel semble former une pellicule de protection supplémentaire de fluorure métallique superficiel avec dissolution des traces de magnésie ([1]), pellicule qui subsiste visible après refroidissement. Mais l'emploi industriel de ces fluorures est très coûteux, en raison des masses de sable considérables intervenant dans les fonderies, et en raison du prix de ces produits peu usuels.

Nos expériences ont montré que ces corps peuvent être remplacés en fonderie, au moins à l'échelle des pièces choisies pour les comparaisons expérimentales, par un mélange de corps chimiques industriels à très bas prix et de corps minéraux communs, qui donnentdes éléments de protection comparable, et avec constitution des mêmes pellicules protectrices par la réaction de ces corps entre eux à l'intérieur du moule, sous l'effet de l'échauffement local du sable lors de la coulée.

A la suite d'essais de laboratoire, qui nous ont confirmé que le sulfate et le phosphate d'ammonium, ainsi que le bisulfate ou le bisulfite de sodium et d'autres sont susceptibles de décomposer la fluorine pulvérisée dans le sable, à la température de la coulée, nous avons retenu en particulier le mélange d'addition qui s'est trouvé le meilleur et le plus économique à la fois, et composé de $SO^4(NH^4)^2$, et CaF^2 finement pulvérisé.

En effet, $SO^4(NH^4)^2$ se décompose déjà, sous l'effet de la température, à partir de 240° en tendant à donner : $2NH^3SO^3$ puis au rouge, du soufre au moins en présence du magnésium en excès dans l'atmospbère confinée du moule. En présence de CaF^2 la température de décomposition de $SO^4(NH^4)^2$ par réaction sur CaF^2, se trouve abaissée à 150° avec tendance à former d'autre part $SO^4Ca + 2HF + 2NH^3$ avec des proportions appropriées. Si l'on ajoute au mélange une proportion de sulfures métalliques, dont le plus économique serait la pyrite FeS^2 broyée et finement tamisée, on tend même à avoir excès de soufre.

([1]) La question se rattache par là étroitement à celle des flux.

Ce sont au total les mêmes protections, exactement, qu'avec les mélanges coûteux. La mise au point d'adaptation et des proportions à l'échelle industrielle, de nos expériences à l'échelle réduite, semble pouvoir être le point de départ d'une simplification de la fabrication et d'un abaissement du prix de revient.

GÉOLOGIE. — *La transgression du Crétacé dans le Nord de l'Elbourz central.* Note (¹) de M. **A. Rivière**, transmise par M. Ch. Jacob.

Au cours de mes explorations de 1931, j'ai parcouru la région de Koudjour, dans le Nord de l'Elbourz, et constaté que la carte de A. F. Stahl (*Zur Geologie von Persien, Petermanns Mitteilungen*, n° 122, Blatt 1) diffère sensiblement de la réalité. La coupe Sud-Ouest-Nord-Est, suivant la vallée descendant d'Angas vers Koudjour, à peu près perpendiculaire aux plis, montre à partir d'Angas jusqu'à environ trois kilomètres en aval, un épais complexe calcaire qui représente probablement la partie supérieure du Paléozoïque et le Trias. D'abord presque horizontaux, ces calcaires, progressivement, plongent au Nord-Est, se redressent et finissent par présenter un léger déversement dans cette direction. Vient ensuite le Lias, avec des quartzites et des grès. Plus plastiques que les calcaires sous-jacents, ces couches ont été ondulées en plis de faible importance, nettement déversés vers le Nord-Est. Peu à peu elles disparaissent sous des calcaires gris clair, lités en gros bancs, qui, d'après leur faciès et leur position stratigraphique, doivent représenter le Jurassique moyen et supérieur. Plongeant d'environ 45° au Nord-Est, ces calcaires supportent des poudingues et des grès grossiers, rougeâtres ou verdâtres, à dragées de quartz. A leur tour, les grès grossiers disparaissent sous les calcaires et les marno-calcaires d'un synclinal large de près d'un demi-kilomètre. Certains bancs, assez foncés, sont riches en micro-organismes. En outre de Foraminifères variés, ils contiennent des Algues du genre *Boueinia*, d'après Mlle Pfender, très voisines de celles du Cénomanien et du Turonien de la Provence.

Sous le flanc NE du synclinal réapparaissent les couches gréseuses et les poudingues. Ensuite reviennent, en un petit anticlinal, les calcaires du Jurassique supérieur sur lesquels est construit le village d'Engel. Au delà et jusque vers Koudjour, on ne trouve plus que les grès grossiers, d'une

(¹) Séance du 19 septembre 1932.

épaisseur considérable et dessinant encore un anticlinal couché vers le Nord-Est.

Des calcaires à organismes, voisins des précédents, sont bien développés près d'Ouchlack, au Nord d'une large vallée morte, orientée EW aboutissant à Koudjour. Plus haut dans la série stratigraphique, viennent des marno-calcaires et des calcaires gris très clair à débris d'Inocérames et d'Ammonites indéterminables.

Plus à l'Est, dans la vallée du Héras, j'ai reconnu des grès grossiers à dragées, homologues de ceux dont il a été question plus haut.

L'ensemble de ces observations précise l'histoire du Crétacé dans le Nord de l'Elbourz central. Alors que dans le milieu de la chaîne la mer semble avoir persisté longtemps après la fin du Jurassique, peut-être jusqu'à l'Albien, il y a eu, dans le Nord comme dans le Sud, émersion à la fin du Jurassique. Il est probable que des reliefs assez élevés ont pris naissance, à en juger par l'importance de la sédimentation détritique qui a marqué le retour de la mer. Sans doute, la transgression a commencé peu de temps avant le Cénomanien-Turonien, puisque tel est l'âge probable des calcaires qui font suite aux couches gréseuses.

Des terrains du même âge sont d'ailleurs connus en quelques endroits dans le Nord et le Sud de la chaîne; mais, jusqu'ici, l'attention n'avait pas été attirée sur l'existence d'une épaisse série détritique à la base de la transgression.

GÉOLOGIE. — *Sur les plissements calédoniens du Massif du Fan Si Pan (Tonkin).* Note (¹) de M. **Jacques Fromaget**, transmise par M. Ch. Jacob.

Le Fleuve Rouge et la Rivière Noire sont séparés par une chaîne dont la partie la plus élevée, située au Nord du Col de Keo Co (1068^m), peut s'appeler Massif du Fan Si Pan du nom de son principal sommet (3142^m). Orienté du Nord-Ouest au Sud-Est, avec un développement de 120^{km} environ sur une largeur moyenne de 40^{km} et de nombreux sommets allant de 2500 à plus de 3000^m, il comprend deux rides majeures dissymétriques, abruptes à l'Ouest et séparées par une dépression médiane (Muong Hum, Chapa), partout bien marquée. M. Ch. Jacob (*Bull. Serv. géol. Indochine*, 10, 1, 1921) a, le premier, en 1921, reconnu sa disposition en larges écailles

(¹) Séance du 11 juillet 1932.

poussées vers le Sud-Ouest « sous l'influence de la marche vers le Sud d'un élément tectonique plus élevé, la zone de Pakha ». Mais la stratigraphie du Nord du Tonkin était alors trop peu avancée pour préciser l'âge des mouvements. Mes recherches, soit au Yunnan avec E. Saurin, soit seul dans le Nord et le Nord-Est du Tonkin, me permettent d'aborder aujourd'hui la solution du problème.

Le massif du Fan Si Pan possède, en apparence, une structure très simple; les deux rides topographiques sont deux puissantes écailles de granites gneissiques poussées au Sud-Ouest et séparées l'une de l'autre par des lambeaux souvent imbriqués de schistes à biotite, graphiteux ou non, avec schistes amphiboliques, amphibolites et cipolins à minéraux, qui sont très développés en quelques points de la dépression médiane de la chaîne et bien connus en particulier à Chapa d'après les coupes de M. Ch. Jacob (*loc. cit.*). Cette série métamorphique se retrouve en de nombreux points. A l'Est, elle repose sur le complexe cristallophyllien du Fleuve Rouge et du Bas Nam Ti et passe latéralement et progressivement aux séries antédévoniennes, peu ou pas métamorphisées, mais énergiquement laminées, des zones de Pa Kha et du Nam Ti, charriées elles-mêmes sur le Fan Si Pan. Sur toute l'étendue du massif elle forme de minces intercalations dans les granites gneissiques et jalonne des synclinaux aujourd'hui très érodés. A l'Ouest enfin, elle atteint un grand développement, à la base et au front de l'écaille la plus occidentale, et paraît représenter le flanc normal d'un autre élément tectonique, probablement poussé à son tour contre le cristallin qui se montre entre Laichau et Dien Bien Phu.

Les plissements du Fan Si Pan sont oblitérés : 1° à l'Est, par un ensemble de failles subparallèles, de différentes époques, qui, depuis le Néogène, ont produit le fossé, rectiligne sur plus de 300^{km}, au fond duquel coule le Fleuve Rouge; 2° à l'Ouest, par des intrusions de granites plus récents, hercyniens, ainsi que par les mouvements anthracolithiques et néotriasiques, ces derniers ayant déformé et redressé les parties occidentales du Fan Si Pan.

Le principal de la structure du Fan Si Pan est antérieur au Dévonien et il a bien son origine dans les mouvements qui ont charrié sur ce massif la région du Fleuve Rouge, notamment l'écaille cambro-silurienne que j'ai appelée avec E. Saurin (1) *écaille du Pei-Ho*. Cette hypothèse trouve

(1) *La vallée du Nam Ti (Yunnan oriental)*, *Livre jubil. de la Soc. géol. de France*, 1930, p. 340.

encore un argument dans la région de Van Yen (moyenne Rivière Noire), prolongeant au Sud-Est le Fan Si Pan, où Ch. Jacob (*loc. cit.*) et L. Dussault (*Bull. Serv. géol. Indochine*, 18, II, 1929) ont observé le repos du Dévonien inférieur sur le cristallin et sur ses amphibolites.

Examinons maintenant le matériel de cette chaîne silurienne, de cet élément des *Tonkinides* ainsi que je désignerai désormais les plissements de cet âge. On y note l'absence de tout sédiment intact entre les granites gneissiques et les schistes cristallins, ce qui conduit à admettre que *le métamorphisme des schistes a été produit par les granites eux-mêmes*. De plus, ces formations métamorphiques, continuation vers le Sud-Ouest des séries lustrées cambro-siluriennes de la rive gauche du Fleuve Rouge, devaient reposer autrefois sur le même substratum que celles-ci, c'est-à-dire sur le vieux cristallophyllien, ce qui nous amène à regarder les granites gneissiques du Fan Si Pan comme une partie du substratum archéen régénéré à nouveau par l'action de fumerolles.

Ces granites, très acides, montrent une ancienne structure schisteuse, partiellement masquée par la recristallisation; la micropegmatite secondaire y est fréquente; de même, les filonnets de granites plus fins. En quelques points, j'ai même observé, dans de gros blocs roulés, des intrusions affectant des formes très contournées qui font penser aux plis ptygmatiques des géologues finlandais. Les granites contiennent cependant quelquefois des mylonites peu recristallisées, plus récentes, mais toujours en relation avec l'écaillement du massif. En outre, l'analyse des *Tonkinides* m'a montré qu'elles sont principalement constituées par un empilement de plis isoclinaux aigus; la disposition en grandes écailles, liée à la production des cataclases, n'est que le phénomène ultime de ces plissements.

Les granites gneissiques seraient, pour employer l'expression des géologues finlandais et de E. Raguin, des granites d'*anatexie syntectonique*. Ils correspondent aussi à ceux qui, d'après M. Lugeon, se sont formés dans les zones de racines, comme produit ultime de l'écrasement des géosynclinaux. Leur formation, accompagnée de phénomènes dynamiques intenses, aurait été suivie d'une phase de surrection, puis de mouvements horizontaux qui auraient donné la structure en grandes écailles.

Les *Tonkinides* seraient sensiblement contemporaines des mouvements calédoniens d'Europe.

CRYPTOGAMIE. — *De l'action de l'éther sur les micro-végétaux parasites du tissu animal (facteurs de virulence, vitalité, dégradation et mutation).* Note [1] de M. **Léon Grigorakis**, transmise par M. L. Mangin.

I. Nous avons prélevé d'une culture âgée de 40 jours environ de *Rhinocladium Beurmanii* (Matruchot et Ramond, 1905), sur gélose glycosée peptonée, le volume d'une pièce de 50 centimes, que nous avons plongé dans un cristallisoir stérile, rempli de moitié d'éther sulfurique. Au moyen d'aiguilles stériles nous avons découpé ce morceau en plus petits de 1 à 3^{mm} environ; dans certains cas nous les avons écrasés pour assurer la pénétration de l'éther et au bout de 2, 5, 10, 15, 20 et 25 minutes, nous les prélevions par deux à trois pour les ensemencer dans des tubes neufs après les avoir lavés dans l'eau de condensation du fond du tube. En même temps nous avons pratiqué des cultures témoins sans passage par l'éther. L'ensemble des tubes a été placé à l'étuve à 33° ou à la température du laboratoire. Ces expériences ont été répétées plusieurs fois depuis un an et demi.

Nous avons constaté pour le même temps d'évolution que les cultures ensemencées après un contact de 2 minutes avec l'éther ont évolué beaucoup plus rapidement que les cultures témoins. Celles de 5 minutes se développent presque comme les témoins, celles de 10 minutes sont plus petites; celles de 15 minutes atteignent à peine 1^{cm} et sont plus lentes à apparaître; celles de 20 minutes végètent à peine ou ne se développent pas, tandis que celles de 25 minutes ne poussent jamais. Le degré de résistance à l'éther est aussi fonction de l'état de la culture originelle.

Les cultures conservées à l'étuve à 33° se développent en six jours, tandis que celles à la température du laboratoire en 12 jours environ.

II. En prélevant sur des cultures dont la partie ensemencée a été traitée à l'éther et âgée de 30 jours environ, nous avons procédé à d'autres passages successifs par l'éther pendant 5 minutes et cela pendant une dizaine de fois; toutes ces cultures se sont développées à 33°.

Nous avons alors constaté qu'elles finissaient par perdre leur pigment et

---

(1) Séance du 19 septembre 1932.

prenaient un aspect blanc luisant, mais leur consistance restait visqueuse comme celle des cultures originelles. Les changements sont plus faciles à obtenir, si les prélèvements sont choisis dans les parties les moins pigmentées de la culture. Les inoculations de ces cultures stériles faites chez les lapins, cobayes et rats en injections, soit intrapéritonéales, soit sous-cutanées sont restées négatives. Un seul rat est mort, ne présentait aucune lésion sporotrichosique. Le protoplasme des cultures devient vacuolaire, limpide, sa réfringence ainsi que sa viscosité sont modifiées; il s'appauvrit de telle sorte que les conidies qui conservent le type de l'espèce sont en très petit nombre et souvent uniques à l'extrémité d'un rameau.

La perte du pigment, de la virulence, l'état du cytoplasme vacuolaire sont un indice de dégradation qui se produit au cours des stades végétatifs.

III. Dans des travaux antérieurs [1], nous avons précisé que les végétaux parasites des animaux assimilent au cours de leur parasitisme des substances lipoïdiques qui s'accumulent dans leur membrane. Dans les expériences actuelles, l'éther ayant agi pendant 2 minutes semble avoir éliminé ces substances sans atteindre la vitalité des cultures. *La libération de la membrane permet ainsi une nutrition plus active du protoplasme, et un développement plus rapide des cultures que les témoins. Dans les cultures non traitées à l'éther, l'élimination des substances lipoïdiques, à effet toxique, se fait par les réensemencements successifs; ainsi les cultures réensemencées se développent plus facilement que les cultures originelles.*

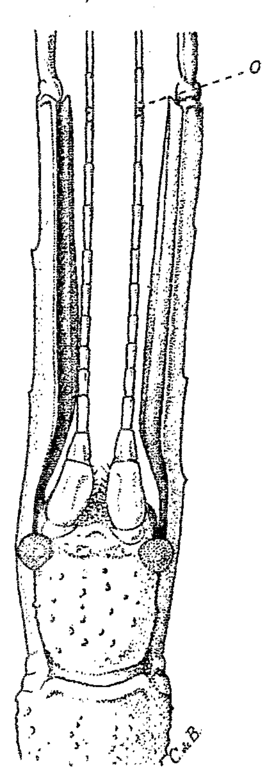
Un phénomène de mutation est-il possible au cours de la dégradation végétative et en l'absence de cycle sexuel normal? Dans le cas de Rhinocladium Beurmanii, *traité à l'éther d'une façon successive, on peut le supposer, car l'espèce, tout en conservant sa vitalité, change complètement d'aspect.*

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 641.

PHYSIOLOGIE. — *La sensibilité thermique des* Phasmidæ. Note [1] de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. L. Bouvier.

Il existe, chez un certain nombre de Phasmes, un organe qui semble spécialement adapté aux impressions thermiques. Chez l'imago des deux sexes, l'organe est situé à la face supérieure et plus ou moins près de la base du douzième article des antennes (voir *o* sur la figure).



Menexenus semiarmatus Westw.
Extrémité antérieure du corps de la femelle, montrant la position occupée par l'organe sensoriel *o*.

L'organe se présente extérieurement sous la forme d'un petit mamelon, au sommet dépourvu des denticules ou des poils qui recouvrent le reste de l'antenne. Les coupes faites à son niveau révèlent l'existence d'un amas de cellules sensorielles et d'une cuticule différenciée.

(1) Séance du 19 septembre 1932.

Sa signification physiologique paraît assez bien établie par certaines expériences. Ce n'est pas un organe tactile à proprement parler : le douzième article des antennes ne se distingue pas des articles voisins par une sensibilité plus grande aux excitations mécaniques. Dans la mesure où il est permis d'assimiler les sensations d'un insecte à celles d'un animal supérieur, on peut affirmer que ce n'est pas non plus un organe olfactif, car les stimulants chimiques n'ont aucune action sur lui. Chez tous les Phasmes soumis à l'observation, comme chez la plupart des Insectes, les derniers articles des antennes offrent, surtout chez les mâles, une sensibilité remarquable aux vapeurs dégagées par l'acide acétique. Il suffit d'approcher de l'extrémité d'une antenne un pinceau fin trempé dans ce réactif, pour provoquer une série de réflexes caractéristiques. Une excitation passagère est suivie d'un léger déplacement de l'appendice intéressé; une excitation plus longue détermine, selon sa durée et son intensité, d'abord des mouvements saccadés de l'antenne, que l'insecte frotte ensuite de ses tarses ou file entre ses mandibules; puis la flexion forcée de la tête sur le sternum et le tremblement fébrile des palpes; enfin le fléchissement simultané des trois paires de pattes et leur extension dans un plan horizontal : le tout s'effectuant le plus souvent sur place. La réaction est lente : chez les insectes soumis la première fois à l'expérience, elle suit de quatre à huit secondes le début de l'excitation; elle subit des retards considérables dans le cas d'excitations répétées; elle cesse de se produire après une excitation violente et prolongée, sans doute par suite de la destruction des origines sensorielles par le réactif; elle est presque totalement supprimée après le sectionnement des sept premiers articles de l'antenne. Or, les mêmes expériences faites au niveau du douzième article donnent un résultat nettement négatif.

Cet article, par contre, est très sensible à la chaleur. Une sphérule de cuivre de 3^{mm} de diamètre, chauffée pendant vingt secondes à la flamme d'une lampe à alcool, et promenée à quelques millimètres de la surface supérieure de l'antenne, ne donne lieu à aucune réaction dans la région basale et dans la région distale de l'appendice; elle provoque un mouvement brusque du corps tout entier dès qu'elle arrive au niveau du douzième article. La réaction est instantanée; elle entraîne souvent le déplacement ou la fuite de l'animal; elle n'est pas diminuée par la fréquence des excitations; elle ne se produit plus dans une antenne sectionnée au-dessous du douzième article.

La situation dorsale ou dorso-latérale de l'organe, sa structure, sa physiologie permettent de lui supposer un rôle dans le comportement de l'insecte vis-à-vis de la chaleur solaire.

Bien visible dans certaines tribus de *Phasmidæ*, celle des *Lonchodini*, par exemple, l'organe est difficile à découvrir dans d'autres tribus; il semble faire défaut chez les Phasmes à antennes courtes, tels que les *Bacillini*, les *Phyllini* et les *Clitumnini*. Une étude comparée, appuyée sur des coupes et des expériences, établira la répartition de l'organe dans la famille des *Phasmidæ*, et dira s'il a son équivalent chez les autres insectes.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur le poids relatif des muscles moteurs des ailes chez les Insectes.* Note de MM. **A. Magnan** et **Ch. Perrilliat-Botonet**, transmise par M. d'Arsonval.

Il nous a semblé intéressant de rechercher si les muscles moteurs des ailes des Insectes n'offraient pas des différences de poids suivant les divers groupes et de comparer ces poids à ceux que l'on trouve chez les Oiseaux.

Après avoir, pour chaque espèce d'Insecte capturée en vol, noté le poids du corps de chacun des individus, nous avons isolé ses muscles moteurs avec toute la précision possible et nous les avons pesés sur une balance sensible au 1/20e de milligramme. Nous avons ensuite dressé le tableau suivant où nous donnons pour chaque individu examiné son poids total, et le poids relatif de ses muscles, c'est-à-dire le poids par kilogramme d'animal.

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles gr. par kilo.		Poids du corps.	Poids relatif des muscles gr. par kilo.
		Diptères. — *a. Musciens.*			
Musca domestica L.	14 mg	107 g	*Echinomya grossa* L.	197 mg	118 g
»	14,5	82,7	*Gastrophilus equi* Fabr.	115	150
		b. Syrphiens.			
Volucella zonaria Meig.	140	150	*Eristalis tenax* L.	126,5	144
		c. Tabaniens.			
Tabanus bovinus L.	276,8	170	*Tabanus bovinus* L.	186	180
»	393,4	180	»	183	183

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles gr. par kilo.		Poids du corps.	Poids relatif des muscles gr. par kilo.
		Hyménoptères. — *a. Bombii.*			
Bombus lapidarius Fabr...	149,5 mg	150 g	*Bombus terrestris* Fabr.....	215,5 mg	152 g
» ...	95	125	»	205,5	146
Bombus hortorum L.......	159,5	112	*Bombus muscorum* L.......	115	162
		b. Vespi.			
Vespa crabo L.............	373,4	107	*Vespa crabo* L.............	339	132
»	381	106	*Apis mellifica* L...........	115	130
»	389	81	*c. Ammophila sabulosa* v. d. L.	45,2	70
		Lépidoptères. — I. *Rhopalocères.*			
Pieris brassicæ L...........	127,3	70	*Vanessa io* L..............	195	172
Pieris rapæ L.............	87,7	40	*Rhodocera rhamni* L.......	150,5	50
Pieris napi L..............	55,2	50	*Argynnis pandora* S. V.....	250,5	126
»	59,5	40	»	148,6	90
»	54,2	70	»	206	123
Vanessa atalanta L........	134	209	»	160	110
»	249	220	»	278,5	87
		II. *Hétérocères.*			
a. Sphinges.			*b.* Noctuæ.		
Macroglossa stellatarum L..	345,5	140	*Plusia gamma* L..........	72,5	80
		***c.* Bombyces.**			
Callimorpha hera L.......	196,4	90	*Spilosoma fuliginosa* L.....	106,5	130
»	157,5	105	*Zeuzera aesculi* L.........	340,7	223
»	214,5	90	*Bombyx quercus* L........	189,5	112
		Orthoptères.			
Œdipoda cærulycens L....	614	80	*Paracinema tricolor* Th....	1403,5	50
		Coléoptères.			
Cetonia aurata L..........	297,5	112	—	—	—
		Névroptères. — *a. Odonata.*			
Diplax sanguinea Mull.......	101	180	*Diplax méridionalis* Sel....	281,6	220
»	156,5	200	*Ischnura elegans* Vand.....	20	160
»	117,5	217	*Orthetrum cærulescens* Fabr.	248,2	172
»	161,5	220	*Aeschna cyanea* Latr.......	445	240
Diplax Fonscolombei Sel......	157	230	*Aeschna mixta* Latr........	530,5	256
		b. Plannipennia.			
Myrmeleon formiucaris L.....	90,5	50	—	—	—

Des chiffres contenus dans ce tableau, il résulte que les Névroptères odonates, qui sont pourvus de deux paires d'ailes actionnées séparément, possèdent la musculature du vol la plus développée, bien que la fréquence de leurs coups d'ailes soit en moyenne de 20 par seconde. Par contre les Orthoptères qui n'exécutent que des vols de courte étendue n'offrent qu'une musculature très réduite. En ce qui concerne les Diptères, on trouve un poids relatif de muscles moteurs des ailes en général beaucoup plus faible que celui des Névroptères bien qu'ils fournissent de 100 à 160 battements par seconde.

Pour les Hyménoptères, qui donnent de 100 à 120 coups d'aile par seconde, les muscles moteurs sont aussi peu considérables. Les Lépidoptères, dont le nombre de battements varie de 10 à 20 chez les Rhopalocères et atteint parfois 70 chez certains Hétérocères, ont eux aussi le plus souvent de très petits muscles

Si nous comparons les poids relatifs ci-dessus à quelques-uns des poids relatifs des muscles moteurs des ailes (grands et petits pectoraux) trouvés par A. Magnan ([1]) chez les oiseaux vraiment rameurs et qui varient de 200 à 351^{g} par kilogramme d'animal, on se rend compte, si l'on admet que la puissance d'un muscle est proportionnelle à son poids, ce qui apparaît probable, que les oiseaux vraiment rameurs, bien que donnant des battements moins fréquents (5 à 30) que ceux des insectes, ont une musculature de vol beaucoup plus développée que celle de ces derniers. Ces résultats viennent corroborer les observations qui tendent à prouver que les insectes n'ont à leur disposition qu'une faible puissance pour voler.

([1]) *Ann. des Sciences naturelles* (*Zoologie*), 10e série, 5, 1922, p. 262 à 267.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Syndrome aigu pseudo-tabétique à la suite de l'inoculation expérimentale de filtrat de lymphogranulome inguinal* (Nicolas-Favre). Note de MM. **Jonesco-Mihaiesti**, **A. Tupa**, **B. Wismer** et **G. Badenski**, présentée par M. Roux.

Le virus utilisé dans ces expériences provient d'un malade ayant eu cinq à six semaines avant des accidents herpétiformes sur la portion antérieure du gland qui ont guéri spontanément, Peu de temps après, les ganglions inguinaux du côté gauche ont commencé très rapidement à augmenter de volume; un mois après la disparition de l'accident primaire, on a procédé à l'ablation de la masse ganglionnaire qui consistait en une tumeur de forme irrégulière, de consistance inégale, ayant une dimension de 10 à 12^{cm} de diamètre. Pour l'inoculation nous avons pratiqué l'enlèvement aseptique de fragments du centre de cette tumeur dont l'examen macro et microscopique préalables avait confirmé le diagnostic clinique de lymphogranulome inguinal type Nicolas-Favre.

Le tissu normal est broyé avec du sable de quartz stérilisé, dilué avec de l'eau physiologique à raison de 1 pour 10 volumes. L'émulsion est filtrée sur papier et ensuite sur bougie Chamberland L1 et L2, successivement. Le filtrat obtenu et contrôlé en ce qui concerne la stérilité par les méthodes habituelles, est inoculé par voie transcranienne et intrapéritonéale à deux singes (*Macacus Cynomolgus* mâle n° 4 et *Macacus Rhesus* n° 93; $0^{cm^3},5$ dans le cerveau et 10^{cm^3} dans le péritoine). Après une incubation de 8 à 10 jours, un des animaux (*Cyn.* 4), qui n'avait rien présenté jusqu'alors, montre de l'incertitude dans les mouvements des membres inférieurs, des troubles très nets de l'équilibre et une incoordination manifeste de tous les mouvements volontaires. Un jour après on note une parésie très accentuée surtout du côté gauche; après trois, quatre jours, les phénomènes s'accentuent encore : l'animal tombe tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, il ne peut plus s'accrocher aux barreaux à cause de la parésie qui s'est étendue également au membre supérieur droit. Le 9 juillet, l'animal reste immobile dans sa cage; les muscles sont agités par des tremblements fibrillaires généralisés; une tétraplégie spasmodique s'est intallée; la voix est presque complètement éteinte. L'animal manifeste en plus une raideur de la nuque. Le 10 juillet il meurt dans la journée.

Autopsie. — Les ensemencements du sang du cœur sont restés stériles. Foie et rein relativement normaux. La rate légèrement augmentée de volume, la capsule très épaisse, avec des régions à aspect scléreux-cicatriciel; la surface de section granuleuse. Ganglions mésentériques nombreux mais pas très augmentés de volume. On constate que les méninges sont très épaissies, le trajet des gros vaisseaux encéphaliques opalescents. La moelle dure à la section ne présente pas des lésions macroscopiques.

A l'examen microscopique des coupes du système nerveux central nous révèle des altérations très prononcées du névraxe. Les méninges sont infiltrées par des nombreuses cellules plasmatiques et par-ci par-là des polynucléaires en assez grand nombre et des macrophages à cytoplasma vacuolisé. Des gros manchons cellulaires entourent les vaisseaux turgescents. Ces altérations de la pie-mère, qui se continuent également dans les septa, se retrouvent tout le long de l'axe cérébrospinal, avec toutefois une prédominance plus manifeste au niveau du cerveau postérieur, d'une partie de la base de l'encéphale et de la moelle épinière.

Sur les coupes pratiquées à différents niveaux dans la moelle cervicale, dorsale et lombaire, et colorées par différentes méthodes histologiques (Weigert, Hortega, Bielschowsky, Loyer) on observe, fait très frappant, une dégénérescence des tubes nerveux marquée surtout au niveau des cordons postérieurs à l'endroit du faisceau de Goll, offrant dans certaines régions l'aspect histopathologique caractéristique du tabes dorsal. Cette dégénérescence consiste dans la disparition de la myéline, dans la prolifération des noyaux névrogliques, qui appartiennent soit à la microglie, soit à la macroglie, et dans des altérations des cylindres-axes qui aboutissent à leur fonte.

Ce qui caractérise cette dégénérescence c'est sa limitation au faisceau de Goll, avec atteinte portée à la totalité de ses fibres, qui disparaissent presque en bloc. Cette localisation marque une tendance à la systématisation de la lésion, sur ce faisceau avec une prédominance évidente.

Nous avons constaté également d'autres foyers de dégénérescence moins marqués, soit localisés à la périphérie de la moelle et au contact direct avec les zones d'infiltration méningée, soit en plein cordon latéral localisés surtout au niveau du faisceau cérébelleux. Ces foyers diffèrent des premiers mentionnés par leur moindre intensité.

En ce qui concerne les nerfs périphériques nous avons constaté sur des coupes pratiquées dans les sciatiques des lésions d'infiltration très marquée,

avec des cellules plasmatiques, des lymphocytes et des monocytes, qui arrivent à la dissociation partielle des fibres nerveuses. Les *Vassa nervorum* sont en général turgescents et l'on observe même de nombreux éléments leucocytaires en diapédèse. Un processus intense de névrite aiguë frappe l'observateur.

Les ganglions rachidiens ne sont pas exempts non plus. On y rencontre de nombreux neurones dégénérés et une intense prolifération des noyaux interstitiels qui par endroits offre l'aspect de vrais nodules inflammatoires.

On ne trouve pas des phénomènes de neuronophagie comparables à ceux qu'on rencontre au cours de l'infection par le virus poliomyélitique, par exemple. Nous avons reproduit des altérations similaires chez trois autres singes inoculés avec le même virns (de deuxième et troisième passages (*Cyn.* 185, et *Cynocéphal. Hamadryas*).

Conclusion. — Les phénomènes cliniques et les lésions histopathologiques provoqués chez le singe par l'inoculation expérimentale du virus de lymphogranulome inguinal (Nicolas-Favre) rappelant d'une manière frappante ceux observés dans le tabes humain. Cette constatation nous suggère une relation possible entre certaines formes de cette maladie (à réactions humorales négatives dans le sang et le liquide céphalo-rachidien) et le virus filtrable lympho-granulomateux.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éclipse totale de Soleil du 31 août 1932 observée aux États-Unis et au Canada.* Note [1] de M. **Ernest Esclangon.**

A l'occasion de l'éclipse totale de Soleil du 31 août 1932 et du quatrième Congrès de l'*Union astronomique internationale* qui devait se réunir à Cambridge (Massachusetts) du 2 au 9 septembre, une délégation importante d'astronomes français s'est rendue en Amérique du Nord, dans le double but d'observer le phénomène astronomique et de participer consécutivement aux travaux du Congrès, dont la date et le lieu avaient été précisément conditionnés par les circonstances de l'éclipse.

La *ligne de centralité*, orientée dans le sens nord-ouest au sud-est, traversait le Canada en passant entre Montréal et Québec, aux environs de Louisville; pénétrait aux États-Unis à 15^{km} à l'est du lac Memphremagog pour venir couper la côte orientale à Kennebunkport, à égale distance de Portsmouth et de Portland et à 120^{km} au nord-nord-est de Boston. En ce point de la ligne centrale, la totalité se produisait à $20^h 30^m$, temps moyen de Greenwich, c'est-à-dire $15^h 40^m$ temps moyen local. La durée de la phase totale était d'environ $1^m 30^s$.

Les astronomes français, pour augmenter la probabilité des possibilités d'observation, s'étaient répartis en plusieurs groupes en des lieux différents.

---

[1] Séance du 26 septembre 1932.

M. de la Baume-Pluvinel, assisté de M. Barbier et qui avait mis en préparation depuis plusieurs mois à l'Observatoire de Paris des instruments spectrophotographiques, s'était installé à Louisville, entre Montréal et Québec. Au même endroit étaient présents : MM. J. Baillaud, Bosler et Chrétien et aussi MM. Dufay et Grouiller, qui avaient préparé des observations polarimétriques de la couronne.

Le ciel était parsemé de nuages mais, par un hasard heureux, une trouée se produisit dans la direction du Soleil quelques instants avant et pendant la totalité, ce qui permit à ces divers observateurs de réaliser entièrement leur programme dont les résultats précis seront publiés ultérieurement.

MM. de la Baume-Pluvinel et Barbier ont pu photographier ainsi dans de bonnes conditions le spectre de la couronne et le spectre-éclair. Ils ont obtenu également d'excellentes photographies générales de la couronne, laquelle revêtait, comme il fallait s'y attendre, la forme habituelle correspondant aux époques de minimum avec des aigrettes polaires caractéristiques. MM. Dufay et Grouiller ont pu obtenir de leur côté des résultats intéressants concernant la polarisation et la photométrie de la couronne.

Un autre groupe, composé de MM. d'Azambuja, Costa-Lobo, Danjon, Esclangon, Fayet, Jouaust, Lambert, le général Perrier, Picart, s'était rendu sur la ligne centrale à North-Conway (New-Hampshire), à 180^{km} au nord de Cambridge (Massachusetts) et assez loin de la mer (80^{km}) pour éviter les brumes fréquentes du littoral.

Le ciel, mauvais dans la matinée, fut très beau au début de l'après-midi et au commencement de l'éclipse partielle; une demi-heure avant la totalité, un voile de nuages vint s'interposer devant le Soleil et en diminuer la visibilité. Les phases de la disparition totale et de la réapparition du disque solaire purent être cependant parfaitement saisies dans tous leurs détails, mais l'observation de la couronne resta assez douteuse.

La chromosphère, avec sa magnifique couleur rose vif, les protubérances, dont plusieurs très importantes, furent bien observées. Un des caractères les plus frappants, remarqué en cet endroit, fut l'apparition, quelques instants avant la totalité, de remarquables *grains de Baily*, dont un, dans la portion inférieure et est du disque, complètement séparé du mince croissant résiduel, resta visible pendant plusieurs secondes.

A Douglas Hill, à Mattocks (Maine), M. P. Helbronner, en raison de quelques nuages survenus au moment de la totalité et bien que l'évolution de la phase totale soit restée parfaitement observable, ne put apercevoir ni protubérances ni grains de Baily.

Sur le littoral dépourvu de brume, et par un pur effet de hasard tenant à l'emplacement mobile de fronts discontinus de nuages, le ciel se montra en moyenne plus beau au moment de l'éclipse totale. M. Lagarde, qui s'était rendu à Portsmouth, put observer convenablement le phénomène à travers un léger voile nuageux.

Un certain nombre de missions étrangères s'étaient dispersées le long de la ligne centrale et furent très diversement partagées en raison du régime nuageux qu'on vient d'indiquer. Certaines furent favorisées par un ciel entièrement clair et réalisèrent parfaitement leur programme; d'autres furent dans l'impossibilité d'exécuter aucune observation.

Les résultats détaillés et définitifs des observations ne sont pas encore bien connus. Certains observateurs ont cru mettre en évidence de nouvelles raies du spectre de la couronne n'appartenant à aucun corps connu. Il convient d'attendre confirmation de ce résultat.

Visible au sein et au voisinage de régions très peuplées, l'éclipse avait attiré sur la zone de totalité un grand concours de population. En dehors du nombre considérable de curieux transportés par automobiles, des trains spéciaux de toute provenance avaient été mis en marche dans diverses directions. Certains observateurs empruntèrent même l'avion pour s'élever éventuellement au-dessus des nuages. Le phénomène eut auprès du public son très grand succès habituel.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production expérimentale de bulbilles chez le Poireau.* Note de M. **Lucien Daniel.**

Dans le but de retarder la floraison et de prolonger la durée de consommation des Poireaux plantés en 1930 dans mon jardin, j'en avais, en mars 1931, transplanté un certain nombre, à la lumière atténuée, sous un Prunier à basse tige. Une dizaine de pieds non utilisés pour la cuisine furent abandonnés sous l'arbre, y fleurirent au cours de l'été avec un retard de plusieurs semaines sur les exemplaires laissés en plein soleil pour la production des graines. Sept portèrent des ombelles plus ou moins réduites, dans lesquelles les pédicelles floraux étaient plus allongés et plus minces que chez les types normaux. Un certain nombre de fleurs avortèrent à des degrés divers de développement; les graines qui se formèrent chez les autres furent plus rares que chez les témoins et de qualité moindre. Trois pieds fournirent au centre de l'ombelle, de nombreuses petites bulbilles chevelues, à la façon de la variété *crinitum* de l'*Allium vineale*.

Cette année, j'ai fait la même expérience, plus en grand et plus complète. J'ai choisi, dans ma planche de Poireaux d'un même semis, plantée au mois de mars 1931, des pieds aussi semblables que possible et j'en ai fait quatre lots que j'ai transplantés au mois de mars dernier. Le premier a été cultivé comme témoin, en plein soleil, espacé convenablement. Le second, exposé également au soleil, était composé par des pieds réunis en paquet. Le troisième a été placé à la lumière atténuée sous des toiles d'emballage. Enfin le quatrième a été transplanté sous un Prunier à basse tige. Tandis que les témoins se comportaient comme à l'ordinaire, les trois autres lots ont manifesté des variations plus ou moins prononcées suivant les lots et les exemplaires dans chaque lot.

Les Poireaux réunis en paquet se sont gênés mutuellement dans leur développement; leurs ombelles sont restées de taille plus faible; leurs fleurs ont été moins nombreuses; les graines ont été de bonne qualité. Aucun d'eux n'a fourni de bulbilles, sauf deux. Chez l'un de ces derniers, elles étaient situées à la base de l'ombelle; chez l'autre, au centre de celle-ci. Elles étaient nues et certaines, assez grosses, rappelaient la forme, la taille et la disposition de celles de l'*Allium Scorodoprasum* (Rocambole).

Chez les exemplaires espacés couverts par des toiles d'emballage disposées à une hauteur convenable, les fleurs étaient portées par des pédicelles longs et minces. La fertilité a été plus ou moins réduite suivant que les tiges florales sont restées rigides et droites ou se sont inclinées, recourbées ou couchées sur le sol. Aucune inflorescence n'a présenté de bulbilles.

Ce sont les pieds transplantés isolément sous le Prunier qui ont fourni les variations les plus nombreuses et les plus accentuées. Les exemplaires à tiges florales raides et dressées verticalement ont eu des ombelles à pédicelles floraux minces, de longueur sensiblement égale ou inégale suivant les cas; leurs fleurs se sont ouvertes à des moments différents suivant le degré de lumière reçue par chaque pied. Les exemplaires à tige inclinée ou recourbée sur le sol ont fleuri plus tard que les autres. Sur plusieurs inflorescences, j'ai trouvé des monstruosités diverses telles que des proliférations, des fleurs soudées ou portées par des pédicelles fasciés, donnant à l'ombelle une forme échevelée très curieuse. Chez la majorité des pieds, j'ai constaté la présence de bulbilles variant comme nature, grosseur et disposition. Les unes étaient chevelues et petites; les autres, plus grosses et nues. Tantôt elles étaient situées au centre de l'ombelle; tantôt sur les côtés ou à la base de celle-ci. Chez diverses fleurs prolifères, des bulbilles se sont formées au niveau de la prolifération. Des bulbilles ont quelquefois

pris la place de fleurs elles-mêmes. Le tout coexistait avec des fleurs avortées et des fleurs normales; les dernières ont donné des fruits renfermant de une à cinq graines à facultés germinatives inégales.

Tous les Poireaux groupés en paquet ont été atteints par la *Puccinia Porri* Sow.; tous ceux qui étaient placés à la lumière atténuée ont été attaqués par l'*Anthomya ceparum* dont les larves ont envahi les réceptacles.

De ces expériences, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La présence et l'absence de bulbilles dans l'ombelle des *Allium* n'ont pas la valeur spécifique que leur ont attribuée les anciens botanistes puisqu'il suffit d'une nutrition déficiente au moment de la floraison pour que les fleurs, par métamorphose régressive, se transforment en bulbilles. Darwin a donc eu raison de signaler l'analogie existant entre les bourgeons et les graines puisqu'ils peuvent passer de l'un à l'autre.

2° C'est aussi à une nutrition déficiente qu'il faut attribuer les fasciations et proliférations de l'inflorescence ainsi que la diminution de résistance des Poireaux en paquet ou plus ou moins ombrés. Toute défaillance de l'organisme étant une porte ouverte aux parasites qui le guettent, il est tout naturel que ces Poireaux en soient devenus plus facilement la proie.

M. **d'Ocagne** fait hommage à l'Académie de l'ouvrage qu'il vient de faire paraître sous le titre : *Hommes et choses de science*, 2e série (Vuibert, éditeur), qui, de même que le précédent, renferme un recueil d'articles ayant trait les uns à la vie et à l'œuvre de divers savants, les autres à un essai de vulgarisation de certaines questions de science pure ou appliquée.

NOMINATIONS.

M. G. **Perrier** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration des plaques indicatrices de l'avenue du *Général Ferrié*, au Champ-de-Mars, le lundi 10 octobre.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut international de Physique Solvay. *Le Magnétisme*. Rapports et Discussions du sixième Conseil de Physique, tenu à Bruxelles du 20 au 25 octobre 1930.

2° Maurice Lecat. *L'Azéotropisme. La tension de vapeur des mélanges de liquides. Bibliographie.*

ALGÈBRE. — *Un théorème d'arithmétique sur les courbes algébriques.* Note de MM. **Claude Chevalley** et **André Weil**, présentée par M. Hadamard.

Généralisant des résultats dus à l'un de nous ([1]), nous allons esquisser la démonstration du théorème suivant :

Soit C *la courbe* $F(\xi, \eta) = 0$, *dont les coefficients se trouvent dans un corps algébrique fini* k, *le corps de base. Soit* Z *une fonction algébrique multiforme des points de* C, *non ramifiée sur* C, *racine d'une équation*

$$Z^n + f_1(\xi, \eta) Z^{n-1} + \ldots + f_n(\xi, \eta) = 0,$$

où les coefficients des f_i *sont supposés être également dans* k. *Alors, pour tout point algébrique* (ξ, η) *sur* C, *le discriminant relatif du corps* $k(\xi, \eta, Z)$ *par rapport à* $k(\xi, \eta)$ *divise un entier rationnel fixe.*

Soient L le corps des fonctions rationnelles $\varphi(\xi, \eta)$ à coefficients dans k, considérées comme fonctions de points sur C, et $R = L(Z)$. Soient P, P′ deux points auxiliaires fixes de C dont nous supposerons les coordonnées algébriques et préalablement adjointes à k. Soient respectivement o_P, O_P les anneaux des fonctions de L et de R finies partout, sauf en P. O_P, qui est l'ensemble des éléments de R entiers par rapport à o_P, est un o_P-module fini. Soit en effet ζ une fonction de o_P ; les éléments de O_P sont entiers par rapport à $k[\zeta]$, anneau des polynomes en ζ à coefficients dans k ; donc,

(1) A. Weil, *Thèse*, Paris, 1928, et *Acta math.*, 52, 1928, p. 281.

d'après un raisonnement connu, O_P possède une base (et même une base minima) par rapport à $k[\zeta]$, et cette base $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_m$ formera également une o_P-base (non minima) de O_P.

Mais R étant non ramifié par rapport à L, la matrice

$$\mathfrak{M} = \left\| \begin{matrix} \Phi_1 & \Phi_2 & \ldots & \Phi_m \\ \Phi'_1 & \Phi'_2 & \ldots & \Phi'_m \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ \Phi_1^{(n-1)} & \Phi_2^{(n-1)} & \ldots & \Phi_m^{(m-1)} \end{matrix} \right\|$$

composée au moyen des Φ_i et de leurs conjugués par rapport à L, ne s'annule en aucun point de C. Désignant par Δ_i les déterminants d'ordre n de $\mathfrak{M}$, on désignera par $\mathfrak{M}^2$ l'ensemble des $\Delta_i \Delta_j (i, j = 1, 2, \ldots)$: ce sont des éléments de o_P qui ne s'annulent simultanément en aucun point de C.

Prenons maintenant pour ξ, η un point variable algébrique de C. D'après le théorème de décomposition [1], il existe un idéal entier ω_P du corps $k(\xi, \eta)$, ne dépendant (quand P est fixe) que de ξ, η, et tel que toute fonction φ de o_P ayant en P un pôle d'ordre d puisse s'écrire

$$\varphi = \frac{\delta}{\lambda . \omega_P^d},$$

δ et λ étant des idéaux entiers de $k(\xi, \eta)$ et λ divisant un entier fixe qui ne dépend que du choix de φ. D'autre part, d'après le même théorème, si nous mettons sous cette forme tous les éléments de $\mathfrak{M}^2$, le p.g.c.d. des numérateurs divise un entier fixe.

Supposons pour fixer les idées que $k(\xi, \eta, Z)$ soit bien de degré n par rapport à $k(\xi, \eta)$ (s'il n'en est pas ainsi le raisonnement doit subir quelques modifications d'ailleurs faciles à trouver). Il est possible, d'après ce qui a été dit, de trouver des entiers naturels a, e tels que les $\mu\Phi_i$ soient des entiers algébriques dès que μ est un entier de $k(\xi, \eta)$ multiple de $a . \omega_P^e$. Formons avec les $\mu\Phi_i$ une matrice $\mathfrak{M}'$ comme $\mathfrak{M}$ est formée avec les Φ_i; et formons $\mathfrak{M}'^2$ au moyen de $\mathfrak{M}'$ comme $\mathfrak{M}^2$ est formé au moyen de $\mathfrak{M}$. Les éléments de $\mathfrak{M}'^2$ seront des entiers de $k(\xi, \eta)$ dont le p.g.c.d. divisera $a_1 \mu^{2n}$, a_1 étant un entier fixe convenable. Mais ce p.g.c.d. est multiple du discriminant relatif $\mathfrak{d}$ de $k(\xi, \eta, Z)$ par rapport à $k(\xi, \eta)$. Or on peut choisir μ de manière que $\frac{\mu}{a . \omega_P^e}$ soit premier à un entier donné quelconque : donc $\mathfrak{d}$ divise $a_1 (a . \omega_P^e)^{2n}$.

---

[1] *Loc. cit.*, Chap. I, § 2-3.

Tout ceci subsiste si l'on remplace P par P'. Mais l'on sait que le p. g. c. d. de ω_P, $\omega_{P'}$ divise un entier fixe. Il en est donc de même de $\mathfrak{d}$.

C. Q. F. D.

Si en particulier on se borne aux points ξ, η rationnels par rapport à k, on obtient le théorème suivant, qui paraît devoir jouer un rôle important dans la recherche des points rationnels sur une courbe :

La courbe C *et la fonction* Z *étant définies comme plus haut, la valeur de* Z *en un point rationnel quelconque de la courbe se trouve dans un surcorps fini de k assignable* à priori.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une méthode générale de sommation des séries divergentes.* Note de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Dans cette Note nous donnons un procédé de sommation des séries divergentes, qui a toutes les propriétés dont jouissent les séries convergentes et permet de sommer la série produit de Cauchy des deux séries sommables.

Soient $\varphi_0(x)$, $h(x)$ des fonctions intégrables pour $x > 0$ et telles que

$$\int_0^\infty \varphi_0(x)\,dx = 1, \qquad \int_0^\infty h(x)\,dx = 1, \qquad \varphi_0(x) > 0,$$

l'intégrale $\int_0^\infty |h(x)|\,dx$ étant convergente. Soit $\varphi(x)$ une fonction positive, non décroissante, et telle que si $\varphi(x) \to \infty$ lorsque $x \to \infty$, on ait

$$\lim_{x \to \infty} \frac{\varphi(x+a)}{\varphi(x)} = 1,$$

pour chaque nombre fini a. Nous disons que la série

$$(1) \qquad u_0 + u_1 + u_2 + \ldots$$

est sommable (φ_0, h, φ) avec la somme s, si la série

$$u(x) = \sum_0^\infty u_{n+1}\,\varphi_n(x), \qquad \varphi_n(x) = \int_0^x \varphi_{n-1}(t)\,h(x-t)\,dt$$

est normalement convergente, et l'expression

$$\frac{1}{\varphi(x)} \int_0^x u(t)\,\varphi(x-t)\,dt$$

tend vers la limite $s - u_0$ lorsque $x \to \infty$.

Nous avons démontré les théorèmes suivants :

I. *Si la série* (1) *est sommable* (φ_0, h, φ), *la série*

(2) $$0 + u_0 + u_1 + u_2 + \ldots$$

sera aussi sommable (φ_0, h, φ) *avec la même somme.*

II. *Soit la série* (1) *sommable* (φ_0, h, φ) *et supposons qu'il existe une fonction* $\eta(x)$ *telle que*

$$\int_0^x h(x-t)\,\psi_0(t)\,dt = \int_0^x \eta(t)\,\varphi_0(x-t)\,dt, \qquad \int_0^\infty \eta(x)\,dx = 1,$$

l'intégrale $\int_0^\infty |\eta(x)|\,dx$ *étant convergente. Alors la série* (2) *sera sommable* (ψ_0, h, φ) *avec la même somme.*

III. *Si la série* (2) *est sommable* (φ_0, h, φ), *la série* (1) *sera sommable* (ψ_0, h, ψ) *avec la même somme, où l'on a posé*

$$\psi_0(x) = \int_0^x \varphi_0(t)\,h(x-t)\,dt, \qquad \psi(x) = \int_0^x \varphi(t)\,dt.$$

IV. *Soit la série* (2) *sommable* (φ_0, h, φ) *et posons*

$$\psi(x) = \int_0^x \eta(t)\,\varphi(x-t)\,dt, \qquad \psi_0(x) = \int_0^x \varphi_0(t)\,h(x-t)\,dt,$$

$\eta(x)$ *étant une fonction, telle que* $\eta(x+\delta)/\eta(x) \to 1$ *pour chaque nombre fini* δ. *Alors la série* (1) *est sommable* (ψ_0, h, ψ) *avec la même somme.*

V. *Soient la série*

(3) $$u_0 + u_1 + u_2 + \ldots$$

sommable (φ_0, h, φ) *avec la somme s, et la série*

(4) $$v_0 + v_1 + v_2 + \ldots$$

sommable (ψ_0, h, ψ) *avec la somme t. Alors la série produit de Cauchy*

(5) $$w_0 + w_1 + w_2 + \ldots, \qquad w_n = u_0 v_n + u_1 v_{n-1} + \ldots + u_n v_0$$

sera sommable (τ_0, h, τ) *avec la somme st, où*

$$\tau_0(x) = \int_0^x \varphi_0(t)\,\psi_0(x-t)\,dt, \qquad \tau(x) = \int_0^x \varphi(t)\,\psi(x-t)\,dt.$$

VI. *Soit la série* (3) *sommable* (φ_0, h, φ) *avec la somme s, et supposons que*

la fonction $h(x)$ est non négative pour $x > 0$. Soit la série (4) absolument convergente et soit t sa somme. Alors la série (5) sera sommable (φ_0, h, φ) avec la somme st.

En prenant

$$\varphi_0(x) = e^{-x}, \qquad h(x) = 1,$$

on obtient comme cas particulier la sommation (B, φ), que nous avons introduite dans une autre Note [1].

Si l'on pose

$$\varphi_0(x) = e^{-x}\frac{x^p}{\Gamma(p+1)}, \qquad h(x) = e^{-x}\frac{x_{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \qquad (\alpha > 0, p \geqq 0),$$

on obtient la sommation (E^p_α, φ), donnée par nous [2].

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques considérations sur l'interprétation hydrodynamique de la périodicité des taches solaires.* Note de M. **D. Riabouchinsky**, transmise par M. Henri Villat.

Dans les théories *météorologiques* des phénomènes solaires on interprète les Taches comme formations cycloniques, mais le mécanisme de leur périodicité undécennale reste inélucidé.

Il m'avait paru intéressant d'étudier ce problème expérimentalement. Le premier appareil destiné à ces recherches (*Bull. de l'Institut aérodynamique de Koutchino*, fasc. V, 1914, p. 102) était constitué par un globe en verre rempli d'eau, de 40cm de diamètre, tournant avec une vitesse angulaire uniforme autour de son axe vertical. Un tourniquet à 8 ailettes de 4cm de diamètre, placé au centre de la sphère, tournant autour du même axe et dans le même sens, mais plus vite, devait déterminer une circulation quelque peu analogue à celle des courants convectifs de l'atmosphère terrestre. Pour visualiser les mouvements tourbillonnaires, une certaine quantité d'air était introduite dans le globe, mais les cavités qui se forment jouent aussi, sans doute, un rôle plus important dans le phénomène. L'expérience a montré que, dans ces conditions, on obtient effectivement un mouvement instable et que cette instabilité se résout périodiquement en mouvements

(1) *Sur la sommation exponentielle de M. Borel* (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 825).

(2) *Sur une généralisation de la sommation de Mittag-Leffler* (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 353).

tourbillonnaires et turbulents; le couple résistant du tourniquet est plus grand dans cette seconde phase du mouvement. J'ai réalisé récemment un deuxième appareil dout les dimensions sont 1,5 fois plus grandes. Une série de photographies, obtenues avec ce dernier appareil, est donnée ci-dessous.

Les taches sombres à l'intérieur de la sphère, se dessinant dans les

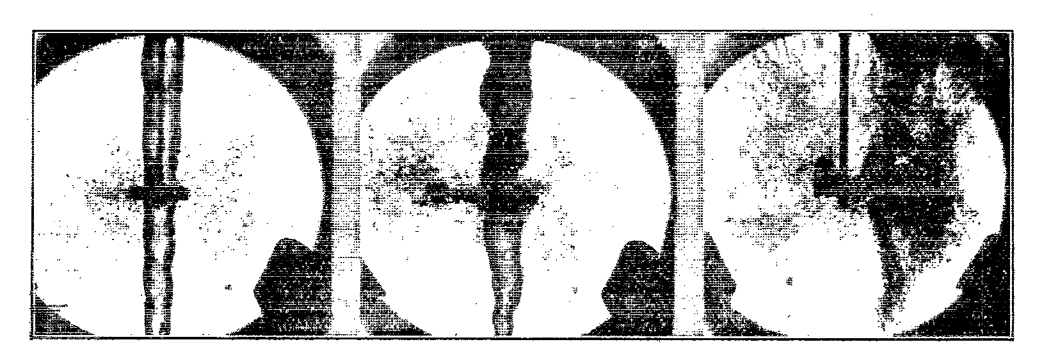


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Quelques phases successives du mouvement périodique étudié.

figures 2-5 (deuxième phase) sur le fond plus clair de l'eau, sont formées de bulles d'air provenant de la désagrégation périodique de la cavité axiale qu'on aperçoit sur les figures 1 et 6 (première phase); cette dernière correspond à la période d'accalmie de l'activité solaire.

On pourrait interpréter cette expérience en se plaçant du point de vue de la théorie de J. Wilsing, qui admet que le soleil renferme un noyau solide tournant dans une enveloppe gazeuse, cette dernière ayant encore conservé une répartition non uniforme des vitesses angulaires. On pourrait aussi, peut-être, comparer le frottement exercé sur l'eau par la paroi du

globe tournant avec une vitesse angulaire moindre que celle du tourniquet, à l'effet de freinage exercé par la radiation, sur lequel J. H. Jeans a attiré l'attention.

Appliquons la méthode des dimensions. Nommons d le diamètre du globe; ν la viscosité cinématique du fluide; t et t_1 la période de rotation du globe et celle de la succession des phases; $t_2 = d : v$, où v est une vitesse caractérisant l'intensité des courants de convection ([1]). En faisant l'hypothèse que le phénomène ne dépend que de ces facteurs, on a

$$f\left(\frac{t_1}{t}, \frac{t_2}{t}, \frac{d^2}{\nu t}\right) = 0. \tag{1}$$

La succession des phases ne se poursuit plus ou moins régulièrement que lorsqu'on donne au rapport $t_2 : t$ une valeur comprise dans des limites assez étroites; il en résulte que lorsque le phénomène est effectivement périodique, on a approximativement $t_2 : t = \text{const}$. Si, d'autre part, on admet avec M. S. Rosseland (*Astrophysik*, 1931, p. 89) que le mouvement dans l'atmosphère solaire est turbulent, la viscosité cinématique peut ne pas figurer explicitement dans l'équation (1). En définitive l'équation (1) peut être ramenée en première approximation à la relation $t_1 : t = \text{const}$.

Quelques données expérimentales sont consignées dans le tableau :

	d^{cm}.	t_1.	t.	$t_1 : t$.
Premier modèle.......	40	96 sec.	1,12 sec.	85,7
Deuxième modèle.....	60	60 sec.	0,7 sec.	85,5
Le soleil............	$1{,}39 \times 10^{11}$	11,5 années	25 jours	167,9

Les durées des phases d'accalmie et d'activité sont approximativement les mêmes dans cette expérience, mais il advient quelquefois que la deuxième phase se répète deux ou plusieurs fois consécutivement, sans passer par la première. Le tableau fait voir que l'ordre de grandeur du rapport $t_1 : t$ est effectivement le même pour les modèles et le soleil.

([1]) Il serait important d'étudier le problème de la stabilité des mouvements giratoires d'un fluide, limité par des parois maintenues à des températures différentes. On pourrait appliquer, en la généralisant, la méthode de J. Boussinesq, utilisée par Lord Rayleigh pour donner une théorie approchée des tourbillons cellulaires de M. H. Bénard. J. Boussinesq a établi sa méthode en vue de l'effet de la pesanteur, mais elle peut être étendue, dans certains cas, aux problèmes où interviennent des forces d'inertie.

ÉLECTRONIQUE. — *Remarques sur le moment magnétique et le moment de rotation de l'électron.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

Pour l'électron magnétique et tournant, le rapport du moment magnétique $\mathfrak{M}$ au moment de rotation propre M est

$$\frac{\mathfrak{M}}{\mathrm{M}} = -\frac{e}{m_0 c}. \tag{1}$$

Cette valeur est égale au double de la valeur normale en raison du double magnétisme de l'électron comme il est bien connu. Mais la relation (1), valable dans le système propre de l'électron, n'est pas invariante pour une transformation de Lorentz et n'est pas valable dans tous les systèmes de référence. En effet, pour le moment magnétique, ce sont les *densités* des composantes qui se transforment comme les composantes μ_{12}, μ_{23}, μ_{31} d'un tenseur antisymétrique du second ordre tandis que, pour le moment de rotation, ce sont les composantes elles-mêmes qui se transforment ainsi.

On conçoit donc pourquoi les densités de moment magnétique propre

$$\mathrm{I}_x = \mu_{23} = \frac{eh}{4\pi m_0 c} \sum_1^4{}_k \Psi_k^* \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \Psi_k, \quad \ldots \tag{2}$$

ne se transforment pas comme les densités de moment de rotation

$$\sigma_x = \frac{h}{4\pi} \sum_1^4{}_k \Psi_k^* \alpha_2 \alpha_3 \Psi_k, \quad \ldots. \tag{3}$$

En fait, pour un électron au repos ou de faible vitesse (Ψ_1 et Ψ_2 négligeables devant Ψ_3 et Ψ_4), les vecteurs $\vec{\mathrm{I}}$ et $\vec{\sigma}$ ont la même direction et sont dans le rapport $-e/m_0 c$ tandis que, pour un électron animé d'une vitesse voisine de c, les deux vecteurs sont presque normaux.

Un raisonnement, souvent reproduit, de M. Dirac conduit à faire correspondre aux composantes du moment magnétique propre les opérateurs

$$\frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_2\alpha_3, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_3\alpha_1, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_1\alpha_2, \tag{4}$$

et à celles du moment électrique les opérateurs

$$(5) \qquad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_1, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_2, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_3.$$

Cette correspondance n'est pas satisfaisante pour les raisons suivantes : 1° comme M. Dirac l'a lui-même remarqué, les opérateurs (5) ne sont pas hermitiques; 2° d'après (4) le moment magnétique et le moment de rotation correspondraient aux mêmes opérateurs, ce qui ne doit pas être puisque ces grandeurs ne sont pas covariantes; 3° les opérateurs (4) et (5) ne correspondent pas aux densités de valeurs moyennes du moment magnétique et du moment électrique suivant les règles générales de la nouvelle Mécanique.

Fort heureusement, on peut aisément modifier le raisonnement de M. Dirac en remarquant que le rôle joué dans l'ancienne Mécanique par la masse propre m_0 est joué dans la théorie de Dirac par l'opérateur $-\alpha_4 m_0$. Ceci conduit à faire correspondre aux composantes du moment magnétique les opérateurs

$$(6) \qquad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_2\alpha_3\alpha_4, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_3\alpha_1\alpha_4, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_1\alpha_2\alpha_4$$

et à celles du moment électrique les opérateurs

$$(7) \qquad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_1\alpha_4, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_2\alpha_4, \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c} i\alpha_3\alpha_4,$$

tout se trouve ainsi remis en ordre.

Nous terminerons en ajoutant une petite remarque à une Note que nous avons récemment communiquée [1]. Si, dans les formules qui figurent à la fin de cette Note, on fait $\nu_1 = -\nu_2$, $\Delta_1 = -\Delta_2$, on obtient la représentation d'une onde lumineuse par la superposition d'une onde à énergie positive et d'une onde à énergie négative, égale et de signe contraire. Cette hypothèse pourrait mériter de retenir l'attention; mais la fréquence du champ électromagnétique serait double de celle de l'onde Ψ, ce qui paraît constituer une difficulté.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 536.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les intensités des composantes de structure hyperfine des raies les plus intenses du spectre visible de* Hg I. *Structure hyperfine du terme* (Hg 199) $7\,^3D_2$. Note de M. **J. Gilles**, présentée par M. Cotton.

Schuler [1] et Murakawa [2] donnent les valeurs théoriques des intensités des différentes composantes de structure hyperfine, déduites des proportions relatives des isotopes de Hg établies par Aston, en admettant un couplage Russell-Saunders entre les vecteurs i et j. Schuler et Keyston ont de plus signalé que les intensités observées expérimentalement dépendaient de la source.

Nous nous sommes donc proposé de photographier les raies les plus intenses du spectre visible de Hg I émises d'une part par un arc refroidi et à très basse pression, et d'autre part, par un oscillateur [3] afin d'étudier les intensités relatives de certaines composantes.

Cette étude a été faite en utilisant un spectrographe à réseau plan qui vient d'être installé sous l'électro-aimant de l'Académie des Sciences à Bellevue. Le montage Littrow réalisé est d'une stabilité satisfaisante. Il donne une dispersion de $0^{\text{A}},42$ dans le quatrième ordre.

Voici les résultats obtenus déduits de l'examen visuel des clichés, ou de l'étude des courbes inscrites au microphotomètre : La raie -680 de 5790,66 est moins intense que -397 contrairement aux prévisions théoriques qui donnent respectivement pour les intensités 5,5 et 5,47. De même la raie -397 ne paraît pas deux fois moins intense que $+361$, ce qu'auraient fait prévoir les nombres 5,47 et 9,9. Nous sommes en cela d'accord avec Ruark [4]. Enfin la composante $+563$, qui est très faible, paraît légèrement plus intense que -499. L'analyse de la raie 5769,60 qui aboutit au même niveau $6'P_1$ que 5790,66 confirme les indications de Schuler et Murakawa. Les raies $+338$ et -209 sont également faibles. Sur aucun cliché nous n'observons la raie $+753$ signalée par Subbaraya et Srinivasa [5] pour 5790. Nous n'avons pas davantage enregistré les composantes $+774$ et -445 observées par les mêmes auteurs pour 5769. Dans la raie d'inter-

(1) *Zeit. f. Phys.*, 72, 1931, p. 423; 74, 1932, p. 631.
(2) *Sc. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo*, 1932, nos 326 et suiv.
(3) *Bull. Soc. Franç. Physique*, 1932, p. 55 S.
(4) *Phil. Mag.*, 1, 1926, p. 977
(5) *Proc. Roy. Soc.*, 9, 3 juillet 1932, p. 216.

combinaison 4077, seule la composante violette + 464 est plus affaiblie que l'indiquerait la valeur théorique 5,48. Cela est à rapprocher de ce qui a été observé pour — 680 de 5790 qui appartient également à Hg 199.

Les intensités des composantes de structure hyperfine du triplet $6\,^3P - 7\,^3S$ enregistrées dans les troisième, quatrième et cinquième ordres sont d'accord avec les valeurs de Schuler et Murakawa. Il faut mettre à part la raie + 836 de 4358 qui est un peu moins intense que — 960 alors que toutes deux sont, théoriquement, d'intensités égales. Cette raie + 836 appartient encore à Hg 199.

En résumé, l'oscillateur et l'arc paraissent donner des résultats semblables. Les intensités observées répondent en général aux valeurs de Murakawa et Schuler pour les raies intenses. Seules certaines composantes faibles de Hg 199 sont en léger désaccord avec les valeurs théoriques obtenues en tenant compte des moments nucléaires $i = 1/2$ pour Hg 199 et $i = 3/2$ pour Hg 201. Ces écarts peuvent résulter du fait que l'on n'est pas rigoureusement dans le cas du couplage Russell-Saunders.

D'aprés des mesures de Cotte (¹) on peut reconnaître les composantes de structure hyperfine Hg 199

$$F = \frac{5}{2} \rightarrow F = \frac{5}{2} \quad \text{et} \quad F = \frac{5}{2} \rightarrow F = \frac{3}{2}$$

de la raie 3023 485 en tenant compte des relations d'isotopie établies par Schuler. La première $P_{5/2} - D_{5/2}$ est située à — 449, l'autre $P_{3/2} - D_{3/2}$ est située à + 335. Il est à remarquer que ces mesures, obtenues avec un réseau, ne sont qu'approchées. Comme l'autre raie intense du même multiplet paraît noyée dans le voisinage de + 458 on s'attend à un écart de structure hyperfine du terme $7\,^3D_2$ voisin de 200.

GÉOLOGIE. — *Sur le granite de la région du Pinet* (*Aveyron*). Note (²) de MM. J. DURAND et E. RAGUIN, transmise par M. de Launay.

Dans l'angle nord-ouest de la feuille de Saint-Affrique de la Carte géologique détaillée sont figurés deux massifs lenticulaires de granite. L'un de nous, dans une Note déposée récemment au Service de la Carte géologique

(¹) *Diplôme d'Études supérieures*, Faculté des Sciences de Paris, 1930.

(²) Séance du 4 juillet 1932.

(Compte rendu des Collaborateurs pour la campagne de 1931), a signalé la présence de nombreux autres pointements de cette roche dans la même région et dans le sud-est de la feuille de Rodez et étudié les contacts de deux d'entre eux avec les micaschistes encaissants : 1^{km} sud-ouest de Dours, au nord d'Arvieu (feuille de Rodez) et 1^{km} sud d'Ayssènes (feuille de Saint-Affrique). Le granite, à très grands cristaux d'orthose et de microcline, est caractérisé par une coloration bleuâtre des feldspaths et des quartz; il est presque toujours déformé; massif loin des contacts, il prend, quand on s'en approche, une structure laminée ou étirée de granite gneissique; le microscope montre une déformation mécanique très nette. Les micaschistes sont souvent injectés de feldspaths près des contacts et donnent des gneiss œillés bien différents du granite gneissique; le contact sud d'Ayssènes montre en outre l'injection du granite en filonnets dans les micaschistes qui sont durcis mais non déformés. Ces observations conduisent à l'hypothèse que le granite examiné est un granite injecté, forcé dans les micaschistes, sa déformation étant due à l'action des forces qui ont assuré la mise en place, prolongée après consolidation partielle du magma refroidi près des contacts. Il ne s'agit donc pas ici de mylonites au sens habituel, c'est-à-dire de roches consolidées depuis longtemps et passivement écrasées.

Dans une course commune, les 16 et 17 juin 1932, nous avons revu les contacts ci-dessus et étudié la vallée du Tran, du Pinet à Ayssènes.

La route de la Combe à Pinet montre, jusqu'à Plescamps, une zone de phyllades et quartzites, de direction générale E-lég. S, isoclinale, de fort pendage vers le Sud. A Plescamps, en bordure de la route, surgit un petit pointement de granite reproduisant exactement les aspects décrits plus haut : injection de feldspaths dans les schistes donnant des « gneiss œillés », laminage et étirement du granite près des contacts; dans le flanc de la vallée, au-dessus, on voit des pointements semblables. Les mêmes phénomènes apparaissent avec une netteté et une ampleur remarquables dans la carrière (à 1^{km} sud-est du Pinet) d'où furent extraits les matériaux pour la construction du barrage : vers le centre de la carrière et le Sud, le granite est déformé tout en restant massif; vers le Nord-Est, il est « étiré » en direction E-O avec fort plongement vers l'Est; la cassure transversale a un aspect massif avec grands cristaux de feldspath en amande; les cassures longitudinales montrent des étirements avec des apparences très spéciales; la déformation s'accentue vers le bord du pointement et donne des roches curieuses, très facile à reconnaître, comme il en existe en cailloux dans les

champs, sur de grandes étendues où les affleurements sont rares, sur le Levézou et le Lagast, au Nord.

La région du Pinet montre de nombreux pointements granitiques de peu d'étendue; il semble que certains (par exemple celui de Plescamps) soient juste touchés par la surface topographique actuelle; il en est d'autres en profondeur qui peuvent expliquer certaines variations désordonnées dans le degré de métamorphisme des roches encaissantes; cette conclusion est à étendre au Levézou et au Lagast.

Au nord des pointements granitiques voisins du Pinet s'étend une large bande d'amphibolites que l'on retrouve entre la Bacaresse (500^m au sud d'Ayssènes) et la Caze et qui paraît prolonger celle que l'un de nous a suivie de Pont-de-Salars, par Arvieu jusqu'à Villefranche de Panat (feuilles de Rodez et Albi) avec une largeur assez constante de près de 2^{km}; sur la feuille de Rodez, cette bande est intercalée entre des pointements granitiques : toutefois, l'action métamorphique de ce granite est trop faible pour expliquer la génèse d'une si large bande d'amphibolites.

Les gneiss et micaschistes, qu'on retrouve de chaque côté des amphibolites, dans la région d'Ayssènes, sont différents des phyllades que nous avons suivis de la Combe à Plescamps; cette constatation jointe à la présence de zones mylonitiques au sud des amphibolites, à l'absence de ces roches entre la Combe et Plescamps, permet de supposer que l'on est au contact de deux pays différents : l'un hautement métamorphique au nord, l'autre formé de schistes beaucoup moins cristallins ou de phyllades au sud de la vallée du Tarn. Divers indices donnent à penser que l'importante surface de dislocation qui les sépare se prolonge à grande distance de part et d'autre de la région examinée ici.

En toute hypothèse, le granite est postérieur au métamorphisme général de tout l'ensemble, et possède un caractère instrusif dans l'une et l'autre des deux régions.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Action de la radioactivité en physiologie végétale.* Note [1] de M. **D. Montet**, présentée par M. Costantin.

Nos expériences ont mis en évidence l'action des éléments radioactifs (uranium, thorium, radium et émanation) sur la germination et le developpement des végétaux (voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 304 et 1093;

[1] Séance du 12 septembre 1932.

Société de Biologie, Section de Lille, des 8 février et 13 juin 1932; *Acad. d'Agr.*, 18, 1, 6 janvier 1932, p. 28).

Les principales plantes étudiées ont été : le Blé, l'Orge, les Balsamines, les Jacinthes, les Tulipes, les *Pelargonium*, les *Clarkia;* nous y avons joint une expérience de culture industrielle de Champignons de couche. Les contradictions des auteurs qui nous ont précédé résultent du fait que ces auteurs n'ont pas employé de produits purs ou n'ont observé qu'une partie du phénomène : d'une façon constante, nous avons montré qu'il existe une courbe entière d'action de la radioactivité tant au point de vue de la *germination* qu'au point de vue du *développement* ultérieur de la plante, courbe présentant un *seuil*, une portion rapidement *croissante*, un *maximum*, une partie *faiblement décroissante*, et une *dose mortelle*. Au cours de notre expérimentation, nous avons montré l'indépendance absolue de la *dose d'activité* et du *temps d'application* de cette activité. Pour les quatre activants étudiés, les phénomènes se reproduisent identiques à eux-mêmes, à cela près que, pour les corps de forte activité, les trois abscisses caractéristiques de la courbe sont plus reserrées. Dans l'étude de la germination, nous avons pu indiquer un parallélisme complet entre la Physiologie animale et la Physiologie végétale: une grande différence d'action existe entre petites et grosses graines et il semble bien que, pour la plante comme pour l'animal, la radioactivité agisse par effet de surface.

Au même titre que pour les tissus de revêtement de l'animal, il faut tenir compte, chez le végétal, de la nature de l'enveloppe : un tégument dur semble donner à la graine une opacité plus grande aux radiations. Nous avons de plus précisé une *période de latence* de l'action, distinguant essentiellement le phénomène radioactif du phénomène catalytique. Nous avons alors discriminé ces deux actions en employant, d'une part, pour les produits pulvérulents, des corps colloïdaux de solubilité inférieure à 10^{-6}, d'autre part un corps soluble, l'*uranate de soude* agissant par catalyse. Nous nous sommes gardé d'employer, comme Loew (¹) l'avait fait, un corps apportant un élément-engrais : le *nitrate* d'urane, et nous avons donné des doses correspondantes en uranium-élément, sous les deux formes, soluble et insoluble, apportant ainsi à la plante des *radioactivités correspondantes*, calculées en oxyde noir d'uranium. Toutes les radioactivités ont été mesurées a la chambre d'ionisation Montet (²) et une expé-

(¹) *Bull. Coll. Agr. de Tokyo*, 5, 1903, p. 173.
(²) *Société française de Physique*, 18 décembre 1931, p. 162.

rience sur les *Clarkia* a montré la grande *toxicité* de l'uranium soluble qui se comporte d'ailleurs comme un élément catalytique : de très faibles doses favorisent la végétation.

L'uranium insoluble n'agit que par son activité; la courbe, après une brusque ascension, présente une pente de descente peu accentuée, alors que la pente de la courbe catalytique est très forte.

Cette expérience montre le parallélisme de la Physiologie animale et de la Physiologie végétale : dans l'étude du développement anormal des œufs d'oursin, M. et Mme Magrou ont montré la grande toxicité de l'uranium.

Dans la somme algébrique des deux actions, action de catalyse, action de radioactivité qui se présentent ensemble le plus souvent, j'ai pu séparer l'action de la radioactivité par l'emploi de disques actifs placés au-dessus des germinateurs et j'ai montré ainsi la qualité différente des rayonnements uranique et thorique. Ce dernier se montre nocif à des doses beaucoup moindres d'activité que celles de l'uranium. Il semble donc que la novicité du thorium soit due en grande partie à l'émission du thoron.

A de fortes doses d'oxyde noir d'urane, nous avons pu noter sur l'Épinard, en germination, sur les *Tulipes*, dans le développement complet de la plante, de véritables *escarres* des téguments externes, au même titre que le radium peut provoquer à certaines doses des escarres de la peau chez les animaux. Le *tropisme* provoqué par l'action de traumatisme des produits pulvérulents actifs et insolubles permet un plus grand développement du chevelu des racines à la dose optima d'activité et provoque une plus grande absorption de l'eau et des sels nutritifs. Une expérience sur l'Orge a montré une plus grande fixation des *réserves*.

L'influence favorable des faibles activités sur la *pigmentation*, déjà observée par Daniel Berthelot et Gaudechon, nous a conduit à faire une expérience sur les Champignons; nous avons noté une influence heureuse des faibles activités sur la « santé » du protoplasme; l'action physique de la radioactivité sur le cytoplasme de la cellule végétale accentue le phénomène sécrétoire favorisant la formation des pigments diffus ou des pigments figurés.

Enfin, nos expériences sur le *Geranium* ont montré l'influence considérable des faibles activités sur le développement de cette plante. Si nous rappelons ici les expériences de Borchers montrant que les pétales du *Geranium* sont le siège de phénomènes actifs, il est permis de se demander si nous ne devons pas rechercher dans la Phytopathologie, par la méthode des passages, après atténuation de la maladie par l'oxyde noir d'urane, un sérum végétal et une thérapeutique nouvelle du cancer.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Le grossissement des verres correcteurs.* Note de M. **René Petit**, présentée par M. Armand de Gramont.

On dit parfois que les verres correcteurs placés comme ils doivent l'être, c'est-à-dire au voisinage du foyer antérieur de l'œil, n'entraînent par leur présence aucun grossissement. Présentée de cette façon, la théorie est en contradiction avec l'expérience : tout presbyte notamment peut constater, quand il utilise des verres correcteurs, un grossissement légèrement supérieur à l'unité.

L'œil normal et qui accommode constitue un système optique de puissance variable : si un objet lointain se rapproche de l'observateur, le cristallin se déforme et sa focale diminue. Au contraire, pour un œil presbyte dont l'accommodation est exclusivement faite par un verre correcteur, lafocale de l'œil reste constante quelle que soit la distance de l'objet. Dans les deux cas, les dimensions des images rétiniennes d'un objet rapproché ne sont pas les mêmes. Si l'on suppose que le verre correcteur placé au foyer antérieur de l'œil est sans épaisseur, le calcul montre que l'image d'un objet placé à 30^{cm} de distance est agrandie, pour un œil qui n'accommode pas, de 5 pour 100 environ. Avec les verres ménisques, préconisés il y a plus d'un siècle par Wollaston pour réduire l'astigmatisme et qui sont aujourd'hui fort répandus, le point nodal est rejeté en dehors de la lentille et vers l'avant à 11^{mm} environ; il ne coïncide plus avec le foyer antérieur de l'œil et par là le grossissement tel que nous l'avons défini est encore augmenté : il passe dans le cas des verres ménisques à 8 pour 100.

L'expérience montre d'ailleurs au presbyte que lorsqu'il regarde à l'œil nu un objet rapproché, il perçoit une image floue et que l'adjonction de verres correcteurs rend l'image nette en modifiant le grossissement.

Le but que nous nous sommes proposé était d'obtenir une image au point sur la rétine sans introduire de grossissement.

Pour résoudre ce problème, il suffit d'une part que le verre correcteur ait la puissance convenable, d'autre part que son point nodal d'émergence soit dans le plan de la pupille de l'œil : les angles sous lesquels les objets sont vus sont alors les mêmes, avec ou sans verres correcteurs. Ce résultat est obtenu par une combinaison de deux lentilles, l'une convergente, l'autre divergente séparées par un faible intervalle d'air; cette combinaison permet en outre la correction de l'achromatisme, de la distorsion, de l'astigmatisme et de la courbure de champ. Ces corrections ne peuvent être effectuées avec les seuls paramètres d'un verre ménisque.

Le même raisonnement pourrait s'appliquer au cas des myopes, mais on devient presbyte avec l'âge par défaut d'accommodation, alors que la myopie, en général, ne s'accentue pas avec le temps; il s'ensuit que les presbytes sont amenés à utiliser à un certain moment des verres correcteurs et que le grossissement qui en résulte peut être gênant étant donnés les réflexes acquis (lorsqu'il s'agit par exemple de dessiner des objets en grandeur réelle).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles expériences sur le rôle des conditions électrostatiques dans l'apparition de cancers spontanés de la Souris.* Note [1] de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, transmise par M. A. d'Arsonval.

Nous avons exposé [2] les résultats d'une expérience entreprise au cours de l'année 1931 et dans laquelle on a examiné l'influence des conditions électrostatiques (isolement ou mise au sol) sur l'apparition de cancers spontanés de la Souris; nous avons donné en particulier un tableau résumant la statistique de cas de cancers observés, soit dans l'élevage au sol, soit dans l'élevage isolé, et nous avons vu que dans ce cas on atteignait près de 4 pour 100 d'apparitions de cancers spontanés, contre approximativement 1 pour 10000 dans le reste de l'élevage, et 3 pour 1000 dans les portions isolées. Les expériences mises en route à cette époque ont été poursuivies, et nous donnons aujourd'hui leur protocole pour le premier semestre 1932.

Depuis le 2 février 1932 (arrêt de la statistique dans la publication précédente) jusqu'au 22 juillet 1932, soit durant 6 mois, les mêmes 130 cages sont restées en surveillance; elles ont montré 18 apparitions nouvelles de tumeurs spontanées, dont 12 dans les cages au sol, et 6 dans les cages isolées; le lot de 60 cages mises en route en novembre 1931, et qui, dans la statistique précédente, n'avait fourni encore aucun cas de cancer, en a présenté plusieurs à l'heure actuelle.

Le total général des cas de cancers apparus depuis janvier 1931 dans l'élevage indiqué est donc de 46, dont 38 dans les cages au sol et 8 dans les cages isolées. Toutes les tumeurs apparues depuis le début, sauf une, se sont présentées chez des femelles : on pourrait donc supposer qu'il y a

---

(1) Séance du 19 septembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 750; *Arch. Phys. biol.*, **9**, 1932, nos **3-4**, p. 257-266.

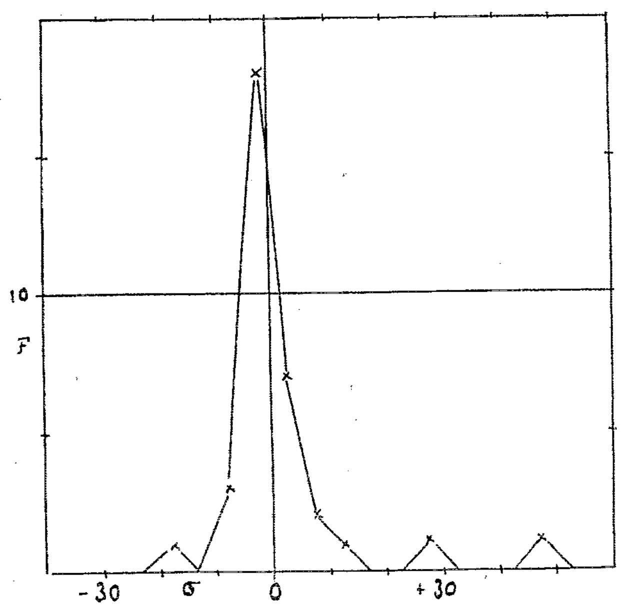
une sorte de spécificité dans la production d'une catégorie déterminée de tumeurs (glandes mammaires, vulve); jusqu'à présent, il n'est pas démontré que les actions électrostatiques envisagées soient capables de déclencher de façon courante d'autres formes de cancer. Le tableau ci-dessous résume l'état actuel de l'expérience :

Mise en train des lots.	Nombre de cages.	Nombre de souris en 1931.	Cancers apparus en 1931 (jusqu'au 2 fév. 1932).	Cancers apparus du 2 février au 22 juillet 1932.	Cancers apparus Total.
		Lots au sol.			
Février 1931	28	700	26	8	34
Avril (avec accus.)	18				
Novembre	60	600	0	4	4
		Lots isolés.			
Mars	24	600	2	6	8
		Reste de l'élevage sain.			
Janvier 1931 à juillet 1932.	–	10000	1	0	1

Coefficient de circulation efficace. — Comme précédemment, les observations sur l'apparition des cancers ont été complétées par des mesures parallèles de la déperdition atmosphérique et de la force électromotrice mise en jeu au niveau de l'électrode de liaison avec le sol. Dans ces conditions, en se guidant sur les données tirées de l'étude de problèmes analogues ([1]), il a paru intéressant d'évaluer le coefficient de circulation efficace $\sigma = E(t - t_0)$ (E, force électromotrice de la chaîne au sol; t, temps de déperdition de l'ionomètre au moment de la mesure; t_0, constante) qui paraît commander diverses variations du métabolisme des organismes. Mais la constante t_0, faute de données numériques, a dû être posée au moyen d'une hypothèse, en supposant que la constatation expérimentale des tumeurs avait été précédée d'une période latente de quelques semaines, et en admettant que, pour chaque coïncidence d'apparitions simultanées d'un cancer au sol et d'un cancer isolé, on devait avoir à l'origine de cette période latente, $\sigma = 0$, avec des valeurs de t aussi voisines que possible. On a ainsi obtenu empiriquement, pour la période latente, 15-20 jours, ainsi

([1]) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 1930, 8, nos 3-4, 1930, p. 182-281; *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 1931, no 586, p. 1.

qu'une valeur admissible pour t_0; on a donc pu construire un graphique d'évolution du coefficient de circulation efficace pour chacun des lots en expérience au cours de l'année 1931-1932, et pointer sur les courbes chaque



Coefficient de circulation efficace σ et fréquence F des cancers spontanés dans les lots de Souris connectés au sol.

cas de tumeur avec un décalage de 15 jours par rapport à la date de sa constatation. Dans ces conditions le coefficient de circulation efficace s'est montré varier de — 48 à + 96, alors que les tumeurs ont été localisées dans une zone assez étroite comprise entre — 15 et + 15; un polygone de fréquence des valeurs de σ (voir la figure) construit sur ces données a fourni un fort maximum entre — 5 et o.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 OCTOBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie de deux fascicules du *Catalogue des plantes de Madagascar publié par l'Académie Malgache :* Loranthaceae (*Avril* 1932) et Sapotaceae (*Avril* 1932).

M. **C. Matignon** fait hommage à l'Académie de la *Traduction* qu'il a faite d'un Ouvrage allemand de M. Ernst Berl : *Nomogrammes à l'usage des Chimistes*.

M. **E. Cartan** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Georges Bouligand : *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. **Charles Lyon Caen** invite les Membres de l'Académie à la visite du Musée Condé organisée le mercredi 19 octobre par l'*Académie des Sciences morales et politiques* à l'occasion du Centenaire de son rétablissement.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Lugeon. *L'Institut national météorologique de Pologne*.

2° *Les mines et les carrières en Algérie*, par D. Dussert et G. Bétier.

3° Indochine Française. *Les Oiseaux de l'Indochine Française*, par J. Delacour et P. Jabouille. Tomes I à IV.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le comportement de certains noyaux de Fredholm itérés indéfiniment et sur les probabilités en chaîne.* Note [1] de M. **Maurice Fréchet**, transmise par M. Hadamard.

Considérons une équation intégrale homogène :

$$X(E) = \lambda \int_V p(E, F) X(F) \, dF, \tag{1}$$

où E, F sont deux points de l'espace à r dimensions, variables sur un domaine V et où le noyau $p(E, F)$ satisfait aux deux conditions

$$\text{(P)} \quad p(E, F) \geqq 0, \qquad \text{(T)} \quad \int_V p(E, F) \, dF = 1.$$

On peut distinguer les circonstances qui se produisent dans le comportement du noyau itéré $P^{(n)}(E, F)$ quand n croît, suivant la nature des constantes fondamentales du noyau $p(E, F)$, c'est-à-dire des valeurs de λ pour lesquelles il y a une solution $X(E)$ non identiquement nulle de (1).

Auparavant, rappelons qu'en vertu de la condition (T), le noyau $p(E, F)$ a une constante fondamentale au moins, à savoir $\lambda_1 = 1$. Rappelons aussi qu'en vertu des conditions (T) et (P) [2], toutes les constantes fondamentales possibles sont de modules $\geqq 1$.

M. Hadamard a montré [3], dans le cas où $r = 1$, comment se répartissent les valeurs de module maximum d'une fonction fondamentale correspondant à une constante fondamentale de module 1. Il suffit d'ajouter

---

(1) Séance du 26 septembre 1932.

(2) Pour éviter des difficultés, on supposera que l'un au moins des itérés de $p(E, F)$ est continu sur V et que V est borné.

(3) *C. R. Congrès Int. des Math.*, Bologne, 5, 1928, p. 133.

quelques mots à son raisonnement et d'adapter celui-ci au cas où le nombre r de dimensions de V est quelconque, pour en déduire une propriété des constantes fondamentales un peu moins immédiate que les précédentes et tout à fait essentielle pour l'établissement des propositions qui vont suivre : *toutes les constantes fondamentales de module* 1 *d'un noyau satisfaisant aux conditions* (P) *et* (T) *sont racines d'une même équation binome* $\lambda^N = 1$ [où N est un entier positif déterminé quand on connaît $p(E, F)$ et V].

Pour utiliser ce résultat, on se servira de la théorie des *noyaux principaux* due à MM. Goursat, Heywood et Lalesco (1). On appellera $\Pi(E, F)$ le noyau principal de $p(E, F)$ correspondant à $\lambda_1 = 1$, $B(E, F)$ la somme des noyaux principaux de $p(E, F)$ relatifs aux constantes fondamentales $\neq 1$, mais de module 1, et l'on posera

$$p(E, F) = \Pi(E, F) + B(E, F) + K(E, F),$$
$$P^{(n)}(E, F) = \Pi(E, F) + B^{(n)}(E, F) + K^{(n)}(E, F),$$

avec des notations qui s'entendent d'elles-mêmes.

Dans le cas le plus général (1), $P^{(n)}(E, F)$ n'a pas de limite déterminée au sens ordinaire quand n croît. C'est *la somme de deux termes, l'un,* $B^{(n)}(E, F)$, *qui se reproduit périodiquement quand n s'accroît du nombre fixe* N, *l'autre qui converge uniformément vers une limite* $\Pi(E, F)$.

Mais $P^{(n)}(E, F)$ *converge toujours*, AU SENS DE CESARO, *vers une limite* — nécessairement $\geqq 0$ — *qui est encore* $\Pi(E, F)$.

Cette limite généralisée (avec convergence uniforme) vérifie évidemment les trois équations

$$\Pi(E, F) = \int_V p(E, G)\,\Pi(G, F)\,dG = \int_V \Pi(E, G)\,p(G, F)\,dG;$$
$$\int_V \Pi(E, F)\,dF = 1,$$

de sorte que $\Pi(E, F)$ *est de rang fini*, c'est-à-dire de la forme

$$\Pi(E, F) = \varphi_1(E)\psi_1(F) + \ldots + \varphi_\alpha(F)\psi_\alpha(F),$$

où $\varphi_1(E), \ldots, \varphi_\alpha(E)$ forment un système quelconque de fonctions fondamentales (linéairement indépendantes) de $p(E, F)$ relatives à $\lambda_1 = 1$ et

(1) Voir, par exemple, GOURSAT, *Cours d'Analyse mathématique*, 3, Chap. XXXI, II, p. 391-438, de la deuxième édition (Gauthier-Villars, 1915).

$\psi_1(F), \ldots, \psi_\alpha(F)$ sont certaines fonctions fondamentales associées. [On peut supposer $\varphi_1(E) \equiv 1$ et $\psi_1(F) \not\equiv 0$.]

On peut se demander dans quel cas la limite $\Pi(E, F)$ est *indépendante de l'état initial* E ? Il est clair qu'il en est ainsi quand le rang de $\lambda_1 = 1$ est égal à 1, c'est-à-dire quand il ne correspond à l'unité qu'une fonction fondamentale à un facteur constant près [cas où $\Pi(E, F) \equiv \psi_1(F)$]. On peut démontrer que *cette condition suffisante est nécessaire*. Dans le cas où $p(E, F)$ est lui-même continu, on peut la traduire en disant que l'unité est racine simple du déterminant de Fredholm $D(\lambda)$ de $p(E, F)$.

D'autre part, il est clair que *s'il n'y a pas de constante fondamentale de module* 1 *autre que* 1, $B(E, F)$, et, par suite, $B^{(n)}(E, F)$, disparaissent; dès lors $P^{(n)}(E, F)$ converge uniformément vers une limite $P(E, F)$, non seulement au sens de Cesaro mais *au sens ordinaire*. On peut démontrer que *cette condition suffisante est nécessaire*.

Enfin *la condition nécessaire et suffisante pour que la limite au sens de Cesaro*, $\Pi(E, F)$, *de* $P^{(n)}(E, F)$ — *limite qui existe toujours — soit indépendante de l'état initial* E, *est que l'équation homogène de Fredholm*

$$X(F) = \int_V p(G, F)\, X(G)\, dG \qquad \text{(H)}$$

n'ait qu'une solution $\not\equiv 0$ *à un facteur constant près et, dans ce cas, la valeur de cette limite est la seule solution de* (H) *qui vérifie la condition*

$$\int_V X(G)\, dG = 1. \qquad (2)$$

Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement, non seulement nous démontrons les propositions ci-dessus, mais nous indiquons les divers modes de comportement de la suite des itérés d'un noyau *non assujetti aux conditions* (P) et (T).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe de surfaces admettant un plan tangent continu.* Note de M. **J. Mirguet**.

Si en tout point M d'une surface Σ, la section droite du paratingent par une sphère de centre M est *dépourvue de point intérieur*, il a été démontré, par M. Bouligand [1], que le contingent de Σ en M est formé de toutes les

[1] *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, § 141 à 146, p. 166.

demi-droites issues de M dans un plan P. Je me propose de prouver que *le paratingent se réduit aux droites issues de* M *dans ce plan,* propriété entraînant cette conséquence : d'après la semi-continuité supérieure d'inclusion du paratingent, puisque le plan tangent se confond avec le plan unique du paratingent, ce plan tangent est réparti continûment, ce qui résout un problème proposé par M. Bouligand [1].

Supposant qu'il existe une paratingente hors du plan P, nous allons montrer que son existence contredit l'hypothèse d'une section droite sphérique sans point intérieur; retenons d'abord ces remarques :

A. Vu la planéité du contingent de Σ, on peut, étant donné un angle α arbitraire, lui faire correspondre une longueur ε telle que tous les points de Σ contenus dans ou sur la sphère S_M^ε (de centre M, de rayon ε) soient à l'extérieur du cône de révolution de sommet M, d'axe perpendiculaire au plan P du ctg et de demi-ouverture $\pi/2-\alpha$; à un nouvel angle β on peut faire correspondre une longueur η, très petite au besoin par rapport à ε, telle que les droites joignant les points de Σ situés sur S_M^ε exclusivement aux points de Σ situés dans ou sur S_M^η (de centre M et de rayon η) fassent avec P un angle *inférieur* à $\alpha+\beta$.

Considérons l'ensemble Σ_η des points de Σ non extérieurs à S_M^η; s'il existe une paratingente D′MD de Σ en M extérieure à P, il existe une infinité de cordes de Σ_η faisant avec D′MD un angle aussi petit qu'on veut. Autrement dit, soit θ l'angle de D′MD et de P, et soit χ un angle arbitraire; on trouvera une infinité de cordes de Σ_η faisant avec P un angle *supérieur* à $\theta-\chi$.

B. Étant donné une direction $\Delta'M\Delta$ exclue du paratingent d'une surface sans bord en M, toute direction $M\Delta_j$ assez voisine de $M\Delta$ est exclue du paratingent [2]. Toute parallèle à $M\Delta$ assez voisine de M rencontre la surface en un point; toute parallèle à $M\Delta_j$ assez voisine de M *rencontre également la surface en un point.* Par suite, un plan assez voisin de M et parallèle à une direction $M\Delta_j$ exclue du ptg coupe Σ_ε suivant un continu qui est une courbe Γ_j; les cordes de cette courbe Γ_j constituent un continu de droites; d'après A, parmi ces cordes, il y en a qui font avec P un angle inférieur à $\alpha+\beta$: il suffit qu'une extrémité soit dans S_M^η et l'autre sur S_M^ε.

Ces préliminaires posés, soit A_iB_i une corde de Σ_η faisant avec P un angle supérieur à $\theta-\chi$. Menons par A_i des parallèles δ_j aux directions Δ_j

---

[1] *Annales de la Soc. polonaise de Math.*, 9, 1930, p. 41.

[2] L'indice j est attaché biunivoquement à chaque position d'une droite issue de M et suffisamment peu inclinée sur $M\Delta$, mais à cela près arbitraire.

et soient π_{ij} les plans déterminés par A_iB_i et chacune de ces parallèles; dans chaque π_{ij}, considérons un point H_j de Σ et de S^ε_M (de rayon ε) situé du même côté que B_i par rapport à la parallèle $A_i\delta_j$; A_i n'établit pas une coupure entre B_i et H_j sur la Γ_j relative à π_{ij}; donc l'angle $H_jA_iB_i$ est entièrement balayé par les cordes de Γ_j issues de A_i (1). Quelle que soit la direction Δ_j d'inclinaison sur Δ suffisamment petite, cet angle de sommet A_i est, d'une part, adjacent à A_iB_i du côté opposé aux parallèles δ_j et, d'autre part, reste supérieur à $\omega = \theta - (\chi + \alpha + \beta)$. Donc quand Δ_j varie comme il vient d'être dit et cela de toutes les manières possibles, cet angle engendre un pinceau solide σ_i de cordes de Σ_3 issues de A_i : car les δ_j forment un pinceau solide ϖ; en menant par A_iB_i les plans sécants à ce dernier pinceau ϖ, il sera facile de déduire, dans chacun de ces plans sécants, un angle égal à ω limité d'un côté par A_iB_i et recouvert dans son plan par la section qu'y détermine σ_i.

Quand ε diminue, les différents pinceaux solides tels que σ_i ne s'aplatissent pas, puisque ϖ ne s'aplatit pas et que $\omega = \theta - (\chi + \alpha + \beta)$ reste supérieur à un nombre fixe. Donc il existe en M un pinceau solide de paratingentes englobant D'MD, ce qui est contraire à l'hypothèse.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les relations entre les parties réelles des caractères de groupes.* Note de M. **A. Kulakoff**, présentée par M. Hadamard.

Je vais montrer dans cette Note que les parties réelles (respectivement imaginaires) des caractères, aussi bien que les caractères eux-mêmes, sont liées par des relations déterminées. Si d'ailleurs les caractères d'un élément dans les diverses représentations irréductibles ou bien les caractères des éléments dans l'une des représentations irréductibles ne sont pas tous des nombres réels, les relations mentionnées précisent les relations connues.

Soient G un groupe abstrait d'ordre g, C_i et $C_{i'}$ deux classes d'éléments conjugués inverses de G. Nous allons considérer la composition des systèmes de la forme $C'_i = C_i + C_{i'}$. Le nombre de tous les systèmes C'_i distincts sera désigné par σ. Il est aisé de voir que les systèmes C'_i, tout comme les

(1) Mirguet, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 510.

classes, se composent d'après la formule

$$(1) \qquad C'_i C'_j = \sum_{s=1}^{s=\sigma} c'_{ijs} C'_s.$$

où chaque c' est un nombre entier positif ou zéro.

En effet, nous avons

$$C'_i C'_j = C'_i C_j + C'_i C_{j'} = C_i C_j + C_{i'} C_j + C_i C_{j'} + C_{i'} C_{j'};$$

les classes C_s et $C_{s'}$ entrent dans $C'_i C_j$ $n_1 = c_{ijs} + C_{i'js}$ et $n_2 = c_{ijs'} + c_{i'js'}$ fois respectivement ; le système $C'_i C_{j'}$ contient ces mêmes classes $n_3 = c_{ij's} + c_{i'j'}$, et $n_4 = c_{ij's'} + c_{i'j's'}$ fois respectivement. En vertu de la propriété bien connue des nombres c : $c_{\lambda\mu\nu} = c_{\lambda'\mu'\nu'}$, on a $n_3 = n_2$, $n_4 = n_1$, d'où il suit que $C'_s = C_s + C_{s'}$ se reproduit un nombre entier de fois dans le système $C'_i C'_j$, savoir $c'_{ijs} = n_1 + n_2$, quand $s \neq s'$, et $c'_{ijs} = n_1 = n_2$, quand $s = s'$. La formule (1) est donc démontrée. En suivant maintenant la méthode connue de Burnside ([1]), on arrivera aisément aux relations suivantes entre les parties réelles des caractères :

$$(\mathrm{I}) \qquad \sum_{k=1}^{k=r} R(\chi_i^k) R(\chi_j^k) = 0 \qquad (j \neq i, j \neq i').$$

$$(\mathrm{II}) \qquad \sum_{k=1}^{k=r} R^2(\chi_i^k) = \frac{g}{2h_i} \qquad (i \neq i').$$

Lorsque $j = i = i'$, on n'obtient aucun résultat nouveau, puisque dans ce cas tous les caractères χ_i^k ($k = 1, 2, \ldots, k$) sont des nombres réels.

Les relations entre les parties réelles établies, celles entre les parties imaginaires s'ensuivent immédiatement.

Pour obtenir les relations ultérieures, on peut se servir de la composition des représentations de la forme $\Gamma'_i = \Gamma_i + \Gamma_{i'}$, où Γ_i et $\Gamma_{i'}$ sont deux représentations irréductibles conjuguées de G. Nous désignerons par ρ le nombre de toutes les représentations Γ'_i distinctes. Il est clair que dans la composition des représentations Γ'_i et Γ'_j, chacune des représentations Γ_i et $\Gamma_{i'}$ se compose avec chacune des représentations Γ_j et $\Gamma_{j'}$. De plus, en numérotant d'une manière convenable les variables des substitutions linéaires appar-

([1]) *Theory of groups of finite order*, 1911, p. 282-285, 290.

tenant à $\Gamma'_i\,\Gamma'_j$, nous aurons

$$\Gamma'_i\,\Gamma'_j = \Gamma_i\Gamma_j + \Gamma_{i'}\Gamma_j + \Gamma_i\Gamma_{j'} + \Gamma_{i'}\Gamma_{j'}.$$

En raisonnant maintenant tout comme dans le cas des systèmes C'_i, nous obtiendrons la formule

$$(2) \qquad \Gamma'_i\Gamma'_j = \sum_{s=1}^{s=\rho} g'_{ijs}\Gamma'_s,$$

où chaque g' est un nombre entier positif ou zéro. En se servant de (2), on arrivera sans peine (Burnside, *loc. cit.*, p. 286) aux relations suivantes :

$$(\text{III}) \qquad \sum_{k=1}^{k=r} h_k \mathrm{R}(\chi_k^i)\,\mathrm{R}(\chi_k^j) = 0 \qquad (j \neq i,\ j \neq i');$$

$$(\text{IV}) \qquad \sum_{k=1}^{k=r} h_k \mathrm{R}^2(\chi_k^i) = \frac{g}{2} \qquad (i \neq i').$$

Je vais indiquer une application des relations ci-dessus.

Soient

$$\Gamma = \sum_{\nu=1}^{\nu=r} \mathrm{K}_\nu \Gamma_\nu \qquad \text{et} \qquad \Gamma' = \sum_{w=1}^{w=r} \mathrm{K}'_w \Gamma_w$$

deux représentations quelconques de G; φ_{S}, φ'_{S} et χ_{S}^i les caractères de l'élément S dans les représentations Γ, Γ' et Γ_i respectivement. On a évidemment :

$$\sum_{\mathrm{S}} [\mathrm{R}(\varphi_{\mathrm{S}})\,\mathrm{R}(\varphi'_{\mathrm{S}}) + \mathrm{I}(\varphi_{\mathrm{S}})\,\mathrm{I}(\varphi'_{\mathrm{S}})] = \sum_{\nu, w} \mathrm{K}_\nu \mathrm{K}'_w \sum_{\mathrm{S}} [\mathrm{R}(\chi_{\mathrm{S}}^\nu)\,\mathrm{R}(\chi_{\mathrm{S}}^w) + \mathrm{I}(\chi_{\mathrm{S}}^\nu)\,\mathrm{I}(\chi_{\mathrm{S}}^w)];$$

or cette formule, en vertu des relations (III) et (IV), ainsi que des relations analogues entre les parties imaginaires et d'une relation connue de la théorie des caractères, se réduit à celle-ci :

$$(\text{V}) \qquad \sum_{\mathrm{S}} [\mathrm{R}(\varphi_{\mathrm{S}})\,\mathrm{R}(\varphi'_{\mathrm{S}}) + \mathrm{I}(\varphi_{\mathrm{S}})\,\mathrm{I}(\varphi'_{\mathrm{S}})] = g \sum_{\nu=1}^{\nu=r} \mathrm{K}_\nu \mathrm{K}'_\nu.$$

Un cas particulier de (V), celui où $\Gamma = \Gamma'$, a été déjà remarqué par M. A. Speiser (*Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung*, 1927, p. 183).

MÉCANIQUE. — *Sur l'identité de deux corps possédant le même potentiel newtonien dans une région intérieure commune.* Note [1] de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note s'ajoute à nos précédentes études sur le potentiel newtonien [2]. Dans notre Mémoire du *Bulletin de la Société mathématique*, nous avons établi, en particulier, qu'un corps ne saurait posséder dans une région intérieure commune le même potentiel qu'un ellipsoïde sans coïncider avec lui.

Il importait de savoir si un théorème semblable pouvait être formulé dans le cas de deux corps quelconques. Cette question était restée pendante.

Pour les corps convexes, homogènes ou hétérogènes, dont la densité est une fonction analytique des coordonnées, nous venons de résoudre cette question par une démonstration d'une grande simplicité :

Nous remarquons, tout d'abord, que dans la région intérieure commune (R) les deux corps doivent avoir la même densité constante ou variable. Cela résulte immédiatement de la formule de Poisson,

$$\Delta U = -4\pi\rho,$$

où U est le potentiel commun et ρ la densité. L'hypothèse sur l'analyticité de la fonction $\rho(x, y, z)$ entraîne alors que les deux corps aient la même densité dans tout leur volume commun (C) d'un seul tenant avec (R).

Retranchons aux deux corps leur partie identique [3]. S'il n'existe aucune partie restante, le théorème est démontré. Dans le cas contraire, les deux parties restantes possèdent évidemment le même potentiel dans tout le domaine (C) maintenant vide.

Cette cavité (C) est limitée par des portions de surfaces appartenant aux surfaces limites des corps considérés, ou à la surface limite entière d'un seul des deux corps si celui-ci est complètement intérieur à l'autre; mais

---

(1) Séance du 3 octobre 1932.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1443; **193**, 1931, p. 141; **194**, 1932, p. 1901 (en collaboration avec M. Wavre); *Bulletin de la Société mathématique*, **59**, III-IV, 1931, p. 128 à 140.

(3) Au point de vue mécanique qui nous intéresse, nous ne considérons pas comme distinctes deux masses de même forme et de même densité, mais de nature différente.

cette dernière hypothèse est absurde, car la partie restante d'un seul corps serait nulle et ne pourrait posséder le même potentiel que l'autre partie restante non nulle.

Supposons donc qu'aucune des parties restantes ne soit nulle. Dans la cavité (C), les champs d'attraction de ces parties sont identiques.

Les forces du champ d'attraction commun ne peuvent être nulles en aucun point de la surface (S) de (C). Un point quelconque P de cette surface appartient, en effet, aussi à la surface limite de l'un des corps donnés; mais comme cette surface est convexe, la partie restante de ce corps est tout entière d'un même côté du plan tangent en P et produit certainement en ce point une attraction non nulle.

Il est impossible également que toutes les forces d'attraction du champ soient, en tout point de (S), dirigées vers l'intérieur de (C). Car si cela avait lieu, la dérivée dU/dn_i du potentiel, suivant la normale intérieure à (C) serait positive en tout point de (S), et la formule de Gauss :

$$\int\int_S \frac{dU}{dn_i} dS = 4\pi M,$$

exigerait la présence d'une masse M à l'intérieur de la cavité (C).

Sur la surface (S), il existe donc au moins un ensemble continu de points où l'attraction est dirigée vers l'extérieur de (C); mais cela est encore absurde car la partie restante de l'un des corps produirait en ces points une attraction orientée vers l'extérieur de la surface convexe qui la contient.

Les deux parties restantes ne peuvent donc pas être distinctes, et comme l'on a retranché des deux corps toute leur partie identique, les parties restantes sont nécessairement nulles.

D'où notre conclusion :

Deux corps convexes (homogènes ou hétérogènes) dont la densité est une fonction analytique des coordonnées ne peuvent posséder le même potentiel dans une région commune sans être identiques dans toutes leurs parties.

On peut dire aussi :

Il n'existe qu'un seul corps convexe, dont la densité est une fonction analytique des coordonnées, possédant dans une région intérieure un potentiel newtonien déterminé.

Nous obtenons une conclusion plus générale en remarquant que notre démonstration est encore valable lorsque :

1° la densité n'est supposée analytique que dans la région commune;

2° chacun des corps, *sans être supposé convexe*, est tout entier d'un même côté du plan tangent en un point quelconque de la portion de surface limite de ce corps intérieure à l'autre.

AÉRODYNAMIQUE. — *Application de la méthode électrique à un problème concernant l'aile d'envergure finie.* Note de MM. **J. Pérès** et **L. Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. On sait que dans la théorie de Prandtl se présente l'équation intégrale

$$\frac{1}{4\pi V} \text{ partie finie de } \int_{-b}^{+b} \frac{d\Gamma(\xi)}{\xi - x} = \frac{\Gamma(x)}{c_1 V t(x)} - \alpha(x) \tag{1}$$

qui, pour une aile donnée, déterminera la circulation Γ dans la section d'abscisse x; — $t(x)$ profondeur de l'aile, $\alpha(x)$ l'angle d'attaque géométrique, c_1 coefficient de circulation étant connus.

La méthode classique de résolution numérique de (1) est longue; elle a été récemment simplifiée très notablement par M[lle] Lotz (*Zeits. f. Flugtech.*, 1931). Dans un ordre d'idées différent la méthode d'analogie électrique que nous avons appliquée à d'autres questions [1] donne un procédé de résolution rapide et dont la précision paraît pratiquement suffisante.

2. Notons d'abord que l'intégrale

$$f = \varphi + i\psi = \frac{1}{2\pi i}\int_{-b}^{+b} \log(z - \xi)\, d\Gamma(\xi)$$

a une partie réelle φ, bien entendu harmonique dans le demi-plan au-dessus de l'axe réel, et tendant, lorsque z tend vers un point x de cet axe, vers $-1/2\,\Gamma(x)$ ou zéro suivant que x appartient ou non au segment $-b+b$. De plus sur ce segment $-2\pi\,\partial\varphi/\partial y$ égale la partie finie qui figure dans (1), de sorte que (1) peut s'écrire

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \frac{4\varphi}{c_1 t(x)} + 2V\alpha(x). \tag{2}$$

On peut donc caractériser la fonction harmonique φ par les données aux limites suivantes (sur l'axe réel) : *φ est nulle à l'extérieur du segment $-b+b$*

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1314 et 1560.

et vérifie la relation (2) (relation entre φ et sa dérivée normale) *sur le segment. Or le bassin électrique permet de réaliser une telle fonction* (identifiée avec le potentiel électrique).

3. Imaginons en effet que le bassin électrique soit muni à l'un de ses bords (axe réel) d'électrodes très nombreuses et petites et qu'il soit assez grand pour que l'influence des autres bords soit négligeable. Supposons que la fonction φ y soit réalisée. Chaque électrode sera au potentiel $-1/2\,\Gamma(x)$ ou zéro et l'intensité du courant qui sort par un élément dx sera

$$j\,dx = \frac{h}{\rho}\frac{\partial\varphi}{\partial y}\,dx$$

(h, profondeur du liquide dans le bassin, ρ résistivité).

L'équation intégrale s'écrit alors

$$(3)\qquad j = \frac{\varphi - \overline{\varphi}}{\frac{c_1 t \rho}{4h}} \qquad \text{avec } \overline{\varphi} = -\frac{c_1 t V}{2}\alpha.$$

Prolongeons alors les électrodes du segment $-b+b$ par des conducteurs linéaires de résistance variable d'une électrode à l'autre; nous admettrons que, les électrodes étant très nombreuses, on puisse parler de la résistance du faisceau des conducteurs qui partent de l'élément dx, résistance naturellement de forme $R(x)/dx$, $R(x)$ étant fonction continue de x. Imposons aux extrémités de ces conducteurs les potentiels $\overline{\varphi}$ et choisissons $R(x)$ égale à $c_1 t(x)\rho/4h$. L'équation (3) s'identifie avec la loi d'Ohm pour les conducteurs linéaires.

La résolution électrique de (1) peut donc s'obtenir comme il suit : on réalisera le faisceau des conducteurs donnant la résistance $R(x)$, connue d'après les données; on portera les extrémités des conducteurs aux potentiels $\overline{\varphi}$ (également connus) et les électrodes extérieures à $-b+b$ à un même potentiel, pris pour potentiel zéro. Dans ces conditions la cuve électrique répartit le courant de façon à réaliser la fonction φ remplissant les données aux limites indiquées. En mesurant les potentiels φ des électrodes du segment $-b+b$ on aura les valeurs de la circulation cherchée puisque $\Gamma = -2\varphi$.

4. L'application rigoureuse de la méthode nécessiterait, entre $-b$ et $+b$ une infinité d'électrodes infiniment minces pour suivre de façon continue les variations de $\Gamma(x)$. Pratiquement on fera une approximation (analogue

à celle des calculs numériques qui se bornent à vérifier l'équation pour quelques valeurs de x).

On prendra donc, suivant l'axe des x, deux électrodes $-\infty$, $-b$ et $+b$, $+\infty$ portées au potentiel zéro, puis dans l'intervalle $-b+b$ un nombre fini d'électrodes identiques et régulièrement espacées. Cela revient à remplacer la courbe exacte $\Gamma(x)$ par une courbe en escalier ayant pour chaque électrode un palier. Formules définitives, réalisation expérimentale et résultats seront donnés ultérieurement.

5. Est-il besoin de faire remarquer que la même méthode s'applique aux problèmes aux limites du type chaleur : détermination d'une fonction harmonique φ connaissant, au contour, $\varphi - k\,d\varphi/dn$; n, normale intérieure; k, fonction donnée positive du point du contour.

ASTRONOMIE. — *Sur quelques propriétés statistiques des Céphéides.* Note de M. **Li Hen**.

1. La relation $M = f(P) + M_0$, qui lie la période P à la magnitude absolue M des Céphéides est connue par l'observation des variables des amas globulaires et des nébuleuses spirales à une constante près M_0, appelée zéro de cette relation. Nous avons calculé cette constante M_0, en posant $f(0) = 0$.

Pour cela nous avons déterminé la translation $-X_0$, $-Y_0$, $-Z_0$ du Soleil au moyen des vitesses radiales ρ des Céphéides, chacune de ces étoiles, située dans une direction de cosinus α_1, β_1, γ_1, donne une équation de la forme

$$\rho - K - X_0\alpha_1 - Y_0\beta_1 - Z_0\gamma_1 = 0.$$

L'ensemble des équations ainsi obtenues donne X_0, Y_0, Z_0.

D'autre part, si μ_l et μ_b désignent les mouvements propres d'une Céphéide en longitude et latitude et α_2, β_2, 0; α_3, β_3, γ_3, respectivement les cosinus des directions de μ_l et μ_b, les équations

$$4,74\,.\,\lambda\,.\,10^{0,2[m+5-f(P)]}\,.\,\mu_l\,.\cos b = X_0\alpha_2 + Y_0\beta_2,$$
$$4,74\,.\,\lambda\,.\,10^{0,2[m+5-f(P)]}\,\mu_b = X_0\alpha_3 + Y_0\beta_3 + Z_0\gamma_3,$$

où $\lambda = 10^{-0,2M_0}$ déterminent X_0, Y_0, Z_0 au facteur λ près, par comparaison avec le résultat obtenu au moyen des vitesses radiales on en déduit λ puis M_0.

2. Résultats numériques :

a. Pour les Céphéides de classe I ($P < 1$ jour), nous trouvons avec 21 vitesses radiales

$$K = -7,9, \quad X_0 = -55,3, \quad Y_0 = -36,0, \quad Z_0 = -25,3. \quad \text{km/sec.}$$

L'apex et la vitesse du Soleil par rapport à ce groupe des astres sont

$$\alpha = 274°,4, \quad \delta = 38°,1, \quad S = 70,7 \text{ km/sec.}$$

Avec 10 mouvements propres nous avons obtenu :

$$X_0 = -27,7\lambda, \quad Y_0 = -96,7\lambda, \quad Z = -23,5\lambda.$$

b. Pour les Céphéides de classe II ($P > 1$ jour) nous trouvons avec 42 vitesses radiales

$$K = +0,2, \quad X_0 = -10,1, \quad Y_0 = -7,3, \quad Z_0 = -9,0.$$

L'apex et la vitesse de translation du Soleil par rapport à la classe II sont

$$\alpha = 255°,8, \quad \delta = 43°,9, \quad S = 15,4 \text{ km/sec};$$

avec 34 mouvements propres nous trouvons

$$X_0 = -12,2\lambda, \quad Y_0 = -13,9\lambda, \quad Z_0 = -9,8\lambda.$$

La moyenne pondérée des six valeurs de λ ainsi obtenues est

$$\lambda = 0,698 \sim 0,7 \quad \text{et} \quad M_0 = +0,77.$$

Ceci multiplie les distances trouvées par Shapley pour des amas globulaires et les dimensions de la Voie lactée par 0,7.

Comme vérification de notre détermination nous avons comparé les parallaxes directementmesurées de quelques Céphéides avec celles déduites de la relation période-luminosité corrigée par notre détermination du zéro. La parallaxe moyenne de 31 Céphéides est, d'après notre détermination :

$$\bar{\pi} = 0'',0023$$

et la valeur des parallaxes de ces mêmes astres obtenues par d'autres voies est

$$\bar{\pi} = 0'',0025.$$

Cet accord semble en faveur de notre détermination.

3. Nous avons calculé l'ellipsoïde des vitesses des Céphéides des deux classes en utilisant les composantes X, Y, Z, des vitesses de ces étoiles après correction du zéro, voici les axes de ces ellipsoïdes :

	Classe I.			Classe II.		
Longitude	355°,4	269°,6	9°,9	341°,6	258°,1	26°,2
Latitude	− 31,3	− 6,5	57,9	− 19,8	− 17,5	63,2
Longueur (km/sec)	28,2	24,0	14,4	111,1	167,3	25,6

4. Nous avons calculé les coordonnées galactiques x, y, z, de 544 Céphéides et nous trouvons $\bar{z} = -166$ parsecs, ce qui prouve que le Soleil est à 166 parsecs au nord du plan galactique.

5. D'après une première étude graphique, ces astres se prêtent particulièrement bien à l'étude de la rotation galactique par la méthode de M. H. Mineur.

MICROSCOPIE. — *Nouveau micromanipulateur.* Note de M. **P. de Fonbrune**, transmise par M. J.-L. Breton.

Les micromanipulateurs actuels nécessitent des manœuvres multiples et délicates dont l'exécution correcte exige une longue pratique. En effet, pour chaque micro-instrument les trois déplacements rectangulaires dans l'espace sont obtenus à l'aide d'autant de commandes indépendantes qu'on doit savoir manœuvrer sans quitter l'observation au microscope. La difficulté des opérations est proportionnelle au grossissement et enfin, l'inversion des images dans le microscope trouble les réflexes naturels de l'opérateur.

Nous nous sommes efforcé de réaliser un micromanipulateur qui ne présente plus ces inconvénients.

Cet appareil se compose de deux parties essentielles : *un manipulateur* et *un récepteur*.

Le *récepteur* est disposé sur un plateau supportant également le microscope. Il communique au micro-instrument (aiguille, pipette, etc.) des mouvements de haut en bas, de droite à gauche, et d'avant en arrière à l'aide de pièces articulées, répondant aux déformations de trois capsules, à membrane métallique souple. Chaque capsule est reliée par un tube de caoutchouc à une petite pompe pouvant faire varier la pression de l'air enfermé dans le système ainsi constitué.

Le *manipulateur*, tout à fait indépendant du récepteur, comprend les trois pompes et un levier unique, monté à la cardan, qui permet de les actionner soit indépendamment, soit deux à deux ou enfin toutes les trois simultanément.

On peut ainsi transmettre au micro-instrument, non seulement trois déplacements selon des directions rectangulaires entre elles, mais de plus, selon toutes les autres directions.

Pompes et capsules sont disposées de façon que les déplacements horizontaux du micro-instrument deviennent inverses des mouvements correspondants imprimés par la main au levier. Ces déplacements observés au microscope se trouvent donc redressés.

De plus, un réglage permet de faire varier le rapport de démultiplication des mouvements transmis.

Cet appareil offre les avantages suivants :

1° Le porte-aiguille, relié de façon souple au manipulateur, est absolument soustrait aux tremblements et aux faux mouvements de la main.

2° La commande unique offre l'avantage de manœuvrer facilement la micro-aiguille, sans interrompre l'observation au microscope.

3° Le réglage du rapport de démultiplication permet de proportionner les mouvements observés à la valeur du grossissement.

4° Tous les mouvements imprimés par la main au levier de commande sont fidèlement reproduits, à l'échelle microscopique, par la pointe de l'aiguille.

Il est possible de disposer plusieurs récepteurs autour du microscope et de multiplier ainsi le nombre de micro-instruments dans le champ de l'objectif.

RADIATIONS. — *Étude du rayonnement cosmique en grande altitude.* Note de MM. **A. Piccard** et **M. Cosyns**, transmise par M. Pierre Weiss.

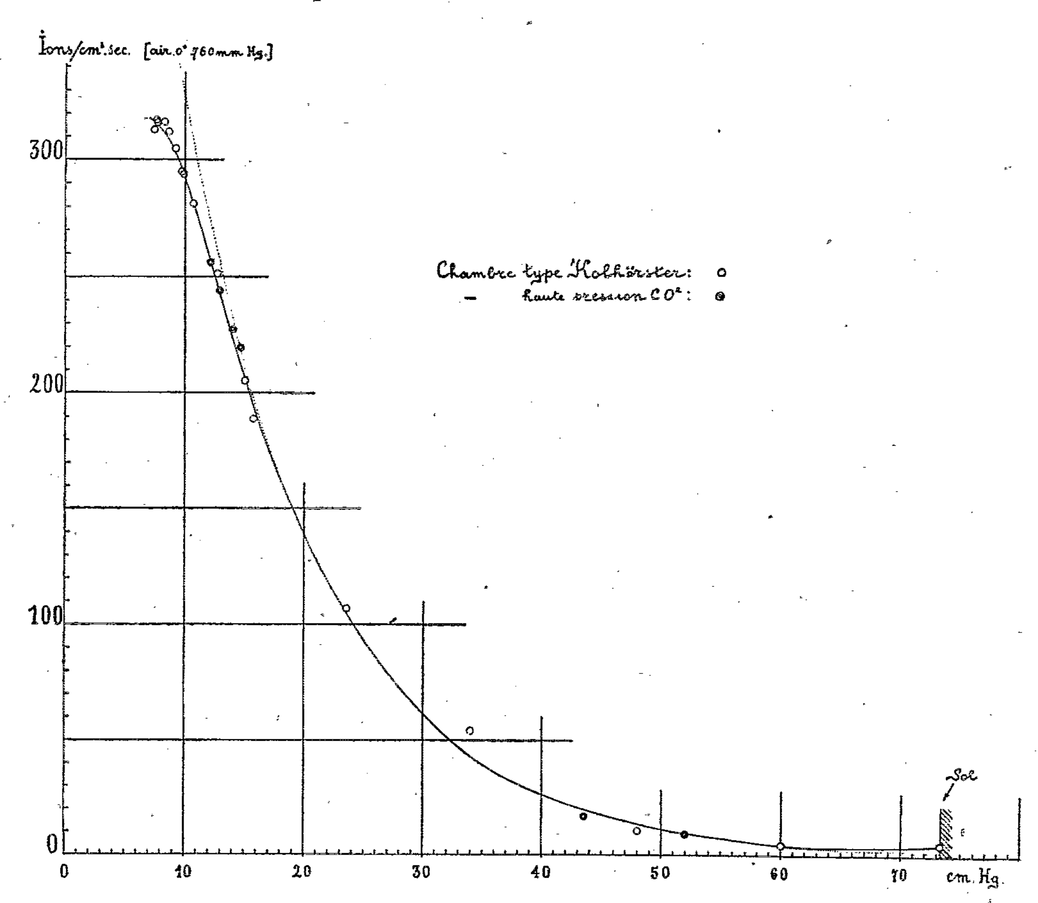
Durant l'ascension du *F.N.R.S.* du 18 août 1932, nous avons pu faire les observations suivantes, relatives aux rayons cosmiques :

1° *Mesure d'intensité.* — Le rayonnement cosmique a été mesuré au moyen de deux chambres d'ionisation : l'une, du type de celle utilisée par Kolhörster, contenant de l'air à la pression normale ; l'autre, contenant du CO^2 à 10^{atm}. Le volume utile de chacune de ces deux chambres est de l'ordre de 4 litres.

Toutes corrections faites, on trouve que l'ionisation est liée à la masse atmosphérique subjacente par la relation représentée dans la figure.

Les valeurs données par la chambre de Kolhörster sont indiquées directement en paires d'ions formés par centimètre cube et par seconde.

On sait que le nombre d'ions produits dans une chambre est loin d'être proportionnel à son volume et à sa pression à cause de l'effet parois; il est d'usage de rapporter l'ionisation produite par le rayonnement cosmique aux valeurs données par la chambre de Kolhörster.



Les valeurs données par la chambre de CO^2 sous pression ont donc dû être multipliées par une constante pour être rendues comparables à celles de la chambre étalon.

Entre 150 et 160^{mm} de mercure de pression extérieure, les points se placent bien sur la courbe exponentielle $I = 775\, e^{-0{,}0855p}$ (p étant exprimé en centimètres de mercure), exception faite pour le point à 340^{mm} Hg qui est nettement plus élevé. En dehors de ces limites les points s'écartent de l'exponentielle (tracée en pointillé). L'écart observé près du sol est dû à la radioactivité de celui-ci et à l'émanation de la basse atmosphère.

Aux altitudes élevées, les points sont au-dessous de l'exponentielle; les valeurs trouvées peuvent être représentées, aux erreurs expérimentales près, par la formule empirique

$$I = 775 e^{-0,0855 p} - 1810 e^{-0,395 p}.$$

Ces résultats sont en très bonne concordance avec ceux de Kolhörster (ballon libre; de 230 à 760^{mm} Hg) et ceux de Regener (ballon-sonde; entre 23^{mm} et 240^{mm} Hg) et en contradiction avec ceux de Millikan (ballon-sonde).

2° *Écrans.* — *a*. Un écran de paraffine de 4^{cm} d'épaisseur placé au-dessus de la chambre n'a pas eu d'effet visible ($<$ 1 pour 100).

Une hypothèse exprimée par Mme Irène Curie-Joliot laissait prévoir la possibilité de rayons secondaires d'hydrogène.

b. Un écran de plomb de 4 à 5^{cm} d'épaisseur (sacs de lest) a donné une diminution comprise entre 20 et 35 pour 100.

3° *Direction des rayons.* — Deux tubes de Geiger ($L = 125^{mm}$, $D = 8^{mm}$), orientables dans toutes les directions, ont donné dans les positions horizontales et verticales le même nombre de décharges par minute, à moins de 1 pour 100 près.

L'interprétation de l'ensemble de ces faits n'est pas facile. Les hypothèses usuelles ne suffisent pas.

D'autres études montreront si l'on peut penser à une radioactivité propre de la stratosphère.

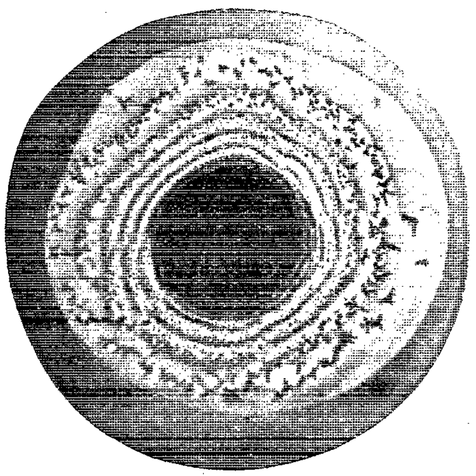
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la précipitation périodique de quelques sels d'argent.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Certains sels d'argent sont susceptibles de donner lieu, dans la gélatine, à une précipitation stratifiée. Outre le cas du chromate, découvert tout d'abord par Liesegang, il convient de mentionner encore le cas de l'arséniate, signalé par Rayleigh (¹), et le cas du phosphate. La présente recherche a eu pour objet l'étude comparée de la précipitation stratifiée des trois sels.

Précisément comme dans l'expérience de Liesegang, l'apposition d'une goutte de solution aqueuse de nitrate d'argent sur de la gélatine imprégnée

(¹) *Phil. Mag.*, 38, 1919, p. 738 (Note posthume).

d'un arséniate ou d'un phosphate alcalin fonrnit, après quelque temps, une stratification double : la stratification principale, visible en général à l'œil nu, et la stratification secondaire, beaucoup plus fine, révélée par le microscope.



Précipitation stratifiée de l'arséniate d'argent.

La figure reproduit une préparation résultant du dépôt d'une goutte de nitrate d'argent sur de la gélatine imprégnée d'arséniate de potassium. Les strates principales, de couleur rouge, brique, sont de plus en plus écartées les unes des autres à mesure qu'elles sont plus distantes de la goutte, à l'exemple de celles de Liesegang. En outre, on remarque leur résolution en cristaux de grosseur manifestement croissante.

Les mêmes caractères spatiaux se retrouvent lorsqu'on passe de l'arséniate au phosphate, à la couleur près des strates principales qui sont alors blanchâtres et sensibles à la lumière.

Avec le mode expérimental adopté, les strates principales de l'arséniate d'argent et celles du phosphate d'argent se superposent, comme celles du chromate du même métal, à des strates secondaires blanchâtres, susceptibles de virer peu à peu à la lumière. Ces strates secondaires constituent une sorte de tapis à bord net, préalablement étendu, et rappelant l'auréole de diffusion propre du réactif-goutte nitrate d'argent.

Effet de l'interversion des réactifs en présence. — Dans une seconde série d'expériences, les réactifs ont été intervertis, en sorte que cette fois le nitrate d'argent imprègne la gélatine, tandis qu'à son tour le sel alcalin joue le rôle de réactif-goutte.

Dans ces conditions, pour ce qui est du chromate d'argent, la précipitation demeure susceptible d'affecter un caractère périodique, comme l'a indiqué Bradford [1]. Cependant, elle conduit à une figure essentiellement différente de celle que fournit le procédé usuel direct : si, en effet, la stratification principale subsiste, par contre la stratification secondaire n'est plus discernable, tout au moins à l'échelle des examens microscopiques. Les anneaux principaux paraissent se superposer à un fond à bord estompé, offrant une analogie évidente avec l'auréole de diffusion propre du réactif-goutte bichromate de potassium.

L'arséniate et le phosphate donnent lieu, de ce point de vue, aux mêmes observations que le chromate.

En résumé, les précipitations, au sein de la gélatine, du chromate, de l'arséniate et du phosphate d'argent, précipitations toutes trois périodiques, sont entièrement comparables. Dans les trois cas, quel que soit le rôle dévolu aux réactifs en présence, sel alcalin et nitrate d'argent, la stratification principale est possible dans des circonstances appropriées. En outre, et conformément à une remarque antérieure [2], les caractères du fond secondaire sous-jacent rappellent constamment, dans une mesure plus ou moins étroite, les caractères de l'auréole de diffusion propre du réactif-goutte.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'acide sulfhydrique dans les eaux industrielles.* Note de M. **Kapp**, présentée par M. Roux.

Au cours d'essais industriels concernant l'épuration d'eaux polluées par l'acide sulfhydrique [3], j'ai constaté que le titrage à l'iode donnait des résultats inconstants pour un même type d'eau renfermant la même proportion de H^2S. Je rappelle que cette méthode, qui est la plus courante, consiste à ajouter un certain volume de liqueur d'iode à l'eau sulfhydrique, si celle-ci est suffisamment pure, ou dans le cas contraire, à distiller une prise convenable et à recevoir le distillat dans la liqueur d'iode.

La méthode est précise en soi-même, mais elle ne peut tenir compte d'une cause d'erreur importante : l'oxydation de l'hydrogène sulfuré par

---

(1) Bradford, *Science*, 54, 1921, p. 463.
(2) Suzanne Veil, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1155.
(3) Eaux de lavage de gaz pauvre.

l'air dissous dans sa solution. En effet, à la température ordinaire de ces eaux, d'après mes essais, l'oxygène dissous dans un litre d'eau aérée peut oxyder environ 18^{mg} d'acide sulfhydrique. La teneur en H^2S des eaux industrielles étant généralement comprise entre 150 et quelques milligrammes par litre, l'erreur entraînée peut donc varier entre 12 et 100 pour 100 suivant ces limites.

Cette oxydation a lieu en un temps relativement court : au bout d'une heure elle est en majeure partie réalisée. Si les eaux contiennent des traces de fer, il y a encore augmentation de la vitesse d'oxydation par effet catalytique. Comme, dans le cas général, on ne procède pas immédiatement à l'analyse, notamment lorsque l'industrie intéressée ne possède pas de laboratoire, la solution doit subir une attente plus ou moins longue et l'oxydation se produit, même en bouteille fermée. Elle se poursuit encore au moment du transvasement et du chauffage de la liqueur, car celle-ci, une fois privée d'oxygène dissous, absorbe avec avidité celui de l'air ambiant; interviennent également les pertes par volatilité à cet instant.

La méthode suivante permet d'obtenir un résultat exact :

On prélève exactement un volume convenable de l'eau sulfhydrique, par exemple 500^{cm^3}, et l'on ajoute *immédiatement* un excès d'une solution de sulfate de cadmium à 20 pour 100, soit 20^{cm^3} environ; il se forme aussitôt un précipité jaune de sulfure de cadmium. A partir de cet instant, le soufre combiné échappe à l'oxydation, le sulfure de cadmium humide n'étant pas sensiblement oxydable; on peut donc transporter ou laisser séjourner l'échantillon en toute sécurité.

A la réception au laboratoire, on transvase la liqueur dans un ballon, dont le bouchon porte une boule à brome et un tube relié à un refrigérant descendant, dont l'extrémité inférieure est munie d'un tube effilé qui plonge dans la solution d'iode ([1]). On porte le liquide à l'ébullition et, par le tube à brome, on fait écouler lentement 100^{cm^3} d'un mélange, préalablement refroidi, de volumes égaux d'eau distillée et d'acide sulfurique à 66°B. Dans ces conditions, il ne se produit ni surchauffe, ni refroidissement sensibles du liquide en ébullition. On distille 10 minutes encore après la disparition de la couleur jaune du sulfure de cadmium et l'on titre l'iode à l'hyposulfite.

([1]) Il est indispensable d'employer un petit réfrigérant à serpentin, car avec les autres modèles, l'acide sulfhydrique gazeux stagne dans la partie froide du condensateur et ne se dissout que très lentement dans l'eau qui distille.

Si la teneur des eaux en acide sulfhydrique est très faible, ce qui nécessiterait un traitement sur un grand volume, après addition de sulfate de cadmium, on filtre le précipité de sulfure, on place le filtre dans un ballon, avec 500^{cm^3} d'eau, et l'on poursuit l'opération comme ci-dessus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur deux combinaisons du trichlorure de bore, l'une avec l'hydrogène arsénié, l'autre avec le trichlorure de phosphore.* Note de M. **A. Stieber**, présentée par M. Georges Urbain.

Le chlorure de bore se combine avec certains hydrures de métalloïdes pour donner

$2BCl^3, 9NH^3$ (1); $2BCl^3, 3NH^3$ (2); BCl^3, PH^3 (3).

Il donne également des chlorures doubles avc d'autres chlorures de métalloïdes, notamment avec le chlorure de soufre SCl^4 (4) et le chlorure de phosphore PCl^5 (5). Nous avons complété la liste de ces combinaisons en étudiant d'une part l'action de l'hydrogène arsénié, d'autre part celle du trichlorure de phosphore.

Hydrogène arsénié. — Le chlorure de bore fond à $-107°$ et bout à $+13°$; le point de fusion de l'hydrogène arsénié AsH^3 est de $-113°,5$, son point d'ébullition de $-54°,8$.

Si l'on fait barboter un courant de gaz hydrogène arsénié dans du chlorure de bore aux environs de la température ordinaire et même au-dessous de 0°, aucune action chimique ne se manifeste. Par contre, en mélangeant les deux liquides refroidis aux environs de $-80°$ sous une atmosphère d'hydrogène, on constate la formation d'un corps solide blanc cristallisé. Ce même produit peut s'obtenir en faisant agir sur le chlorure de bore, aux environs de $-80°$, un excès d'hydrogène arsénié entraîné par un courant d'hydrogène. On obtient ainsi des prismes blancs qui répondent à la formule BCl^3, AsH^3 et sont très peu stables. Leur point de fusion n'a pu être déterminé car à $-40°$ ils se dissocient, l'hydrogène arsénié se volatilisant

(1) Besson, *Comptes rendus*, 110, 1890, p. 517.
(2) Marius, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 109, 1859, p. 80.
(3) Besson, *Comptes rendus*, 110, 1890, p. 517.
(4) Moissan, *Comptes rendus*, 115, 1892, p. 206.
(5) Tarible, *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1524.

rapidement. En tube scellé à la température ordinaire la décomposition est plus complète, mettant en liberté au bout de quelques semaines la totalité du chlorure de bore, de l'hydrogène et de l'arsenic, qui se dépose sous forme d'un miroir brillant.

La décomposition par l'eau est très rapide avec formation d'acide borique, d'acide chlorhydrique et d'hydrogène arsénié plus ou moins décomposé en ses éléments.

Trichlorure de phosphore. — Lorsqu'on mélange aux environs de la température ordinaire et jusqu'à — 80° du trichlorure de bore à du trichlorure de phosphore (P. F. = — 111°,8), il se forme, pour certaines proportions, un solide blanc cristallisé; si l'un des liquides se trouve en excès, on peut l'éliminer par évaporation à froid dans le vide. Le composé solide restant peut être sublimé, il se présente alors sous la forme de longues aiguilles brillantes. L'analyse, assez délicate, a pu être menée à bien, elle a donné la formule PCl^3, BCl^3. Cette combinaison est légèrement exothermique, elle est peu soluble à froid dans le tétrachlorure de carbone et dans les deux chlorures constituants. Comme il était facile de le prévoir l'eau la décompose avec un grand dégagement de chaleur et formation d'acide borique, d'acide phosphoreux et d'acide chlorhydrique. Les bases alcalines agissent de même mais plus violemment et il se forme les sels correspondants. De même que le chlorure de bore, le nouveau chlorure double réagit sur nombre de composés organiques en particulier sur l'acétone avec laquelle il fournit un solide, ou un liquide plus ou moins visqueux, suivant la température de l'expérience.

En résumé nous avons préparé deux nouveaux composés définis de formule BCl^3, AsH^3 et BCl^3, PCl^3 dont nous avons étudié les principales propriétés. L'analyse de ces combinaisons a été assez difficile à réaliser et mérite quelques détails qui seront donnés dans un autre périodique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'emploi de l'acide bromhydrique en vue de la caractérisation des acides arylarsiniques.* Note (1) de M. **G. Schuster**, présentée par M. A. Béhal.

L'action de l'acide iodhydrique et de l'acide bromhydrique sur les acides arylaminarsiniques a fait l'objet de travaux de plusieurs auteurs. En 1909

(1) Séance du 3 octobre 1932.

Mameli ([1]), en faisant agir IH sur l'acide 3-nitro-4-aminophénylarsinique, a obtenu la 4-iodo-2-nitroaniline. En 1912 Benda ([2]) par l'action de BrH (dont il n'indique pas la concentration) sur l'acide 3.5-dinitro-4-aminophénylarsinique a obtenu la 4-bromo-2.6-dinitroaniline.

Phillips ([3]), reprenant et développant le travail de Benda, a étudié l'action de l'acide bromhydrique ($d = 1,48$) sur les acides arsiniques suivants :

Acides 3-nitro-4-aminophénylarsinique, 4-nitro-3-aminophénylarsinique, 3-nitro-4-méthylaminophénylarsinique, 3-nitro-4-oxyphénylarsinique, 3-amino-4-oxyphénylarsinique, 3-acétamino-4-oxyphénylarsinique, 3.5-dinitro-4-aminophénylarsinique.

Il a obtenu ainsi, avec des rendements de 90 pour 100 environ, les composés suivants : la nitro-4-bromoaniline, la 4-nitro-3-bromoaniline, la 3 nitro-4-méthylbromoaniline, la 2.6-dinitro-4-bromoaniline, etc. Avec certains acides arsiniques, en particulier les acides 4-nitro-3-oxy, 3-nitro-4-oxy, et 2-nitro-3-oxyphénylarsiniques, cet auteur n'a obtenu que des mélanges de dérivés polybromés difficiles à séparer.

On voit par ce qui précède que l'action de BrH suffisamment concentré conduit au remplacement de l'arsenic par le brome, ce qui permet la caractérisation de l'acide arsinique mis en jeu et éclaire sa constitution.

Nous inspirant de ces recherches nous avons étudié l'action de l'acide bromhydrique fumant sur de nouveaux acides arylarsiniques et sur quelques chlorures et oxydes d'arsines.

Voici la liste des acides arsiniques, chlorures et oxydes d'arsines examinés :

Acides *o*-nitrophénylarsinique, *p*-nitrophénylarsinique, *p*-aminophénylarsinique, *p*-chlorophénylarsinique, phénylarsinique, *o*-tolylarsinique, *p*-tolylarsinique, *p*-oxy-nitro-2-phénylarsinique; chlorures de *p*-nitrophénylarsine, de phénylarsine; oxydes de *p*-nitrophénylarsine, de phénylarsine.

I. *Action de* BrH *fumant sur les acides arsiniques. — Mode opératoire :* Une partie d'acide arsinique est additionnée de quatre parties d'acide bromhydrique fumant ($d = 1,75$); le mélange est porté à l'ébullition pendant au moins trois quarts d'heure. Dans certains cas, avec l'acide *p*-aminophénylarsinique par exemple, la réaction est terminée après

([1]) *Boll. Chim. Farm.*, 48, 1909, p. 682-683.
([2]) *Deuts. chem. Gesell.*, 45, 1912, p. 53-58.
([3]) *Chem. Soc.*, 2e série, 133, 1930, p. 2400-2401.

quelques minutes. Le produit résultant de la substitution du brome à l'arsenic est isolé ensuite par entraînement à la vapeur d'eau.

Avec les acides énumérés précédemment nous avons obtenu :

	Rendement pour 100.
L'*o*-nitrobromobenzène	86
Le *p*-nitrobromobenzène	88
La *p*-bromoaniline	72
Le *p*-chlorobromobenzène	91
Le bromobenzène	40 à 42
L'*o*-bromotoluène	45
Le *p*-bromotoluène	52
Le 1-oxy-2-nitro-5.6-dibromobenzène	83

Nous voyons que les acides phénylarsiniques ayant un groupe négatif fixé sur le noyau sont transformés en dérivés bromés avec de bons rendements, alors que les acides arylarsiniques dérivant du benzène ou du toluène directement ne fournissent les dérivés bromés résultant de la substitution du brome à l'arsenic qu'avec des rendements inférieurs à 50 pour 100.

2. *Action de* BrH *fumant sur le chorure de p-nitrophénylarsine et le chlorure de phénylarsine.* — Le mode opératoire suivi est identique à celui indiqué pour les acides arylarsiniques; le rendement est moins satisfaisant.

3. *Action de* BrH *fumant sur l'oxyde de p-nitrophénylarsine et sur l'oxyde de phénylarsine.* — Par action à froid de l'acide bromhydrique sur l'oxyde de phénylarsine il y a formation de bromure de phénylarsine [Michaelis (1)], si l'on fait agir le brome sur ce bromure d'arsine, on obtient le dérivé bromé et départ de l'arsenic, ainsi que l'ont montré La Coste et Michaelis (2). En faisant agir, à la température de l'ébullition, l'acide bromhydrique fumant ($d = 1,75$) directement sur l'oxyde d'arsine, nous avons obtenu le dérivé bromé; il se forme d'abord le bromure d'arsine, sur lequel réagit immédiatement le brome provenant de la décomposition par la chaleur de l'excès d'acide bromhydrique. On a préparé ainsi, avec des rendements de 80 pour 100 environ, le *p*-nitrobromobenzène et le bromobenzène à partir de l'oxyde de *p*-nitrophénylarsine et de l'oxyde de phénylarsine.

Conclusions. — 1° L'action de l'acide bromhydrique fumant sur les

(1) *Deuts. chem. Gesell.*, 10, 1877, p. 624.

(2) *Liebigs Ann.*, 201, 1880, p. 184-261.

acides arylarsiniques et les oxydes d'arsines permet la caractérisation rapide de ces produits; on obtient en effet, avec un assez bon rendement et en peu de temps, les dérivés bromés résultant de la substitution du brome à l'arsenic.

2° Dans le cas des chlorures il y a intérêt à les transformer préalablement en oxydes par ébullition avec un excès de carbonate de soude, avant de faire réagir l'acide bromhydrique suivant la technique utilisée avec les acides arsiniques; l'action directe de BrH sur les chlorures ne fournissant les dérivés bromés qu'avec de mauvais rendements.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des variations, en fonction du* pH, *des spectres ultraviolets de quelques composés hétérocycliques hexavalents.* Note de MM. **G. Florence**, **J. Enselme** et **M. Pozzi**, présentée par M. Desgrez.

A la suite des travaux de Vlès, l'attention des chercheurs a été attirée sur l'influence du pH d'un milieu sur les spectrogrammes, dans l'ultraviolet, des substances dissoutes dans ce milieu.

Nous nous sommes proposé d'étudier les modifications spectrales ultraviolettes subies par un certain nombre de corps hétérocycliques hexagonaux : les principaux barbituriques : diéthylmalonylurée, butyléthylmalonylurée, diallylmalonylurée, phényléthylmalonylurée, l'acide urique et la cycloglycylglycine.

Notre étude a été faite au moyen d'un spectrographe Zeiss avec prisme de Hüfner et cuves de Scheibe. La source lumineuse a été constituée par une étincelle condensée entre électrodes de fer, réalisée selon les indications de G. Déjardin ([1]).

Les solutions étaient ajustées au pH désiré, grâce à la technique de Vlès et Gex, par les électrodes d'antimoine.

Nous avons examiné les divers corps étudiés à trois pH différents, aussi proches que possible des pH 2, 6, 9.

A pH 2, les différentes courbes représentatives des absorptions se superposaient dans l'ordre qui permet de prévoir leur formule chimique.

En passant dans la zone alcaline, l'absorption est augmentée plus ou moins pour les divers corps, ceux-ci peuvent être ainsi catégorisés :

([1]) *Ann. Phys.*, 10, VIII, 1927, p. 424-465.

1° Les barbituriques (phényléthylmalonylurée exceptée) augmentent considérablement leur pouvoir absorbant, ce que nous interprétons comme la manifestation d'une énolisation;

2° L'acide urique, très absorbant en milieu acide, possède probablement déjà une formule énolique. L'alcalinisation le modifie très peu;

3° La phényléthylmalonylurée augmente son absorption en s'alcalinisant. Cette position particulière de ce corps, dans la série des barbituriques, est sans doute en relation avec des noyaux électropositifs;

4° La cycloglycylglycine diminue légèrement son absorption en milieu alcalin, ce qui est dû probablement à un début d'hydrolyse.

GÉOLOGIE. — *Sur le granite de Laguépie* (*Tarn-et-Garonne*). Note (¹) de M. **J. Durand**, transmise par M. de Launay.

Bergeron, dans la première édition de la feuille de Rodez de la Carte géologique détaillée, a dessiné au milieu des gneiss à l'Est de Laguépie (angle S-O de la feuille) une bande de granite allongée N-S sur 2^{km} environ, large de $0^{km},5$ en moyenne. E. Raguin (²) a consacré quelques lignes à ce gisement et signalé l'ampleur des écrasements aussi bien dans les gneiss à l'Ouest du granite que dans les amphibolites avec lesquels ils sont en contact. Nous précisons, ci-dessous, les relations entre le granite et les roches encaissantes.

Nous n'avons pas trouvé d'affleurements de granite intact, mais nous avons observé dans une ancienne carrière en bordure Est de la Route Nationale à 100^{m} au Nord du lacet de la Moulière (1^{km} sud de Laguépie), du granite déformé parfaitement caractérisé. En outre, nous avons vu dans le talus nord du chemin de la rive gauche du Viaur à 300^{m} à l'Ouest du hameau de Pedech ($2^{km},5$ à l'Est de Laguépie) des micaschistes les uns avec feldspaths glanduleux, les autres avec minéraux de métamorphisme de contact qui témoignent de la proximité du granite; les mêmes faits sont observables, quoique avec moins de netteté, au tournant du même chemin, $1^{km},5$ plus à l'Ouest. La présence du granite à Laguépie est donc certaine.

Cependant tout l'éperon compris entre l'Aveyron et le Viaur sous l'agglomération de Laguépie est constitué par des roches écrasées qu'on peut observer avec détail dans une carrière derrière et sous l'Hôtel de Ville. On

(¹) Séance du 4 juillet 1932.

(²) *Bulletin de la Société géologique de France*, 4ᵉ série, 28, 1928, p. 189 à 226.

en retrouve dans la tranchée du chemin de fer 100^m au Nord du passage à niveau et sous le vieux château; les directions oscillent entre E-SE et SE. Dans ces gisements la position géologique de la roche écrasée n'apparaît pas; il n'est pas possible, à l'œil nu, de déterminer sa nature originelle; les observations suivantes précisent ces points.

L'élargissement du tournant de la Route Nationale à la sortie Sud de Laguépie a fait apparaître, sur une largeur d'une vingtaine de mètres et une hauteur d'une dizaine de mètres, une roche d'aspect extrêmement tourmenté de couleur blanchâtre, où l'on distingue encore du quartz, des feldspaths, des produits micacés et chloriteux, le tout en lits plissotés, enchevêtrés, interrompus par des surfaces onduleuses avec patine cireuse. Cette même roche se retrouve sur le talus Sud de la route, à l'Ouest du pont en dessous du tournant; un peu plus bas, dans le même talus avant d'atteindre la dernière maison de Laguépie, on trouve une roche, qui apparaît avec évidence comme broyée, mais est de couleur rousse et de grain indistinct, avec cependant quelques yeux de feldspaths souvent cassés ou déformés. Le contact entre les deux roches est très irrégulier; on l'observe avec une netteté remarquable dans le chemin rural qui part au Sud, vers les hauteurs (ce chemin ne figure pas sur la Carte géologique, mais est tracé sur la carte au 1/50000e revisée en 1907) : ce contact est celui que Bergeron a marqué sur la Carte géologique détaillée, un peu trop à l'Ouest.

En remontant la Route Nationale vers le Sud on trouve à 0^km,300 du tournant une coupe fraîche d'une centaine de mètres de longueur où l'on voit la section de deux dômes, de roches broyées blanches, recouverts de roches broyées rousses, les contacts étant irréguliers avec zone de mélange : 0^km,200 plus haut, on retrouve encore de la roche rayée blanche. Dans ces affleurements la roche broyée blanche est de la mylonite de granite typique; la roche rouge montre un fond très semblable à celui des micaschites injectés de feldspaths signalés près du hameau de Pedech.

Nous tirons des observations précédentes les conclusions que les environs de Laguépie montrent le résultat du broyage d'une région de micaschistes injectés de granite : la roche blanchâtre est de la mylonite de granite ; la roche rousse est de la mylonite de micaschistes injectés et métamorphisés par le granite. Cette conclusion peut se vérifier en de nombreux autres points dans le petit ravin du ruisseau qui descend de Saint-Pierre-de-Mercens (3^km S. S. E. de Laguépie), et sur la route qui monte au Nord de Laguépie vers Roquegude ; dans ces derniers affleurements, les deux roches sont fraîches.

L'aspect très spécial des roches broyées de l'agglomération de Laguépie nous paraît s'expliquer ainsi : la structure litée encore reconnaissable est celle d'un granite gneissique telle que nous l'avons décrite dans une Note précédente (¹); nous avons observé à Pinet des aspects analogues qu'il était raisonnable d'attribuer au broyage des « granites gneissiques » voisins; nous avons retrouvé dans des galets de l'Aveyron à 2^{km} en aval de Laguépie des « granites gneissiques » très semblables à ceux du Pinet, bien qu'il n'y ait sur les affluents de l'Aveyron, à distance de transport, aucun massif susceptible de les fournir autre que celui de Laguépie.

Au total, nos observations dans les environs de Laguépie montrent la succession des phénomènes géologiques suivants : métamorphisme général donnant naissance aux micaschistes, injection du granite qui métamorphise les micaschistes à son contact, broyage de l'ensemble sans grand déplacement relatif des schistes et du granite.

Il est peu probable que ces trois phénomènes appartiennent à un même cycle de métamorphisme et d'orogénèse.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations géologiques dans la boucle du Niger.* Note de MM. **J. Malavoy** et **S. Serpokryloff.**

Au cours de l'hiver 1931-1932, l'un de nous (S. S.) a étudié assez en détail la falaise de Bandiagara depuis Toun au Sud-Ouest jusqu'à Douenza au Nord-Est, son prolongement vers l'Est sous forme de buttes-témoins jusqu'à Hombori, et la plaine qui s'étend au Sud-Est de cette falaise et de son prolongement, jusqu'aux terraine schisteux et cristallins de Haute-Volta. Nous appelons cette plaine le Gondo, du nom indigène de sa partie principale; sa limite Sud-Est correspond grossièrement dans les zones étudiées à la frontière politique du Soudan et de la Haute-Volta. L'autre (J. M.) est passé rapidement dans les mêmes régions, puis a étudié assez en détail l'itinéraire Hombori-Ansongo, région qu'on appelle souvent le Gourma. Voici les faits nouveaux que nous avons observés :

1° Au milieu des « Grès horizontaux » (²) on trouve un niveau de schistes

---

(¹) J. Durand et E. Raguin, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 580.

(²) H. Hubert, *Carte géologique de l'A. O. F.* au 1/1000000ᵉ, feuille 7 *a* (Ouagadougou), Librairie Larose, 1926.

rouges ou verts, en particulier à Koulou et au mont Tabi (1); il peut dépasser 15m d'épaisseur.

La base des Grès horizontaux entre Douenza et Hombori comprend un banc de dolomie d'au moins 60m d'épaisseur; il affleure en particulier aux monts Tabi et Sarniéré.

La limite orientale visible des Grès horizontaux est la chaîne de collines d'Hamniganda, environ 55km ESE de Hombori.

2° On trouve des terrains identiques à ceux des Grés horizontaux dans le fond de la plupart des puits du Gondo, en général horizontaux, localement avec des pendages importants, comme pour les Grès horizontaux. Le puits de Douna (1°35' long. EGr., 14°35' lat. N, 53m de profondeur) montre par exemple, sous 10m de sable et argile, 43m de grès, inclinés de 45° vers le NNE. Le puits de Sirabougou (3°40' long. E, 13°35' lat. N, 33m de profondeur) montre, sous 18m de sable et argile, 15m de grès en plaquettes et de schistes verts quartzeux, horizontaux et diaclasés.

L'identité lithologique et tectonique de ces terrains avec les Grès horizontaux, la continuité de leurs gisements, démontrée par les puits, à partir de la falaise de Bandiagara et de son prolongement, nous font admettre comme évident qu'ils appartiennent à la même série.

3° Des grès identiques affleurent à Tondigaria (au sud de Mondoro, 1°45' long. E, 1°45' lat. N); ils sont inclinés vers le N et le NO et disparaissent en surface dans cette direction sous les sables du Gondo; ce sont eux que l'on retrouve dans les puits du Gondo. Nous considérons les grès de Tondigaria comme la réapparition et l'extrême limite au Sud-Est de ceux de Douenza et Hombori.

4° Dans les puits du Gondo, on trouve au-dessus des Grès horizontaux une épaisseur variable de terrains, certainement bien plus récents, constitués surtout par des sables ou grès argileux et des argiles sableuses, sans stratification bien nette. Hubert les a appelés formations de Koro, du nom d'un village important de la région; mais les schistes argileux et les schistes calcaires, que l'on voit sur presque toute la hauteur de ce puits, nous ont semblé appartenir de toute évidence à la série des Grès horizontaux par leurs caractères lithologiques et leur continuité avec les autres puits.

Aussi préférons-nous appeler les terrains récents « Formations du

(1) Des argiles schisteuses avaient déjà été signalées à l'est de Bandiagara par Perebaskine *in* R. Furon et V. Perebaskine, *Carte géologique du Soudan français* (*Revue de Géog. phys. et de Géol. dyn.*, 3, 1930, p. 81).

Gondo », puisque aussi bien ils ont une individualité nettement marquée et sont limités à la plaine du Gondo,

Dans quelques puits ces terrains se montrent sous une forme très curieuse ; notamment celui de Thou (2°40′ long. E, 13°55′ lat. N, 63^m de profondeur) est creusé, de la surface jusqu'à 55^m, dans un éboulis de cailloux anguleux de grès dur, noyés dans une argile sableuse. Cette formation, que rien ne fait soupçonner en surface, paraît admirablement dès que l'on descend dans le puits. Nous pensons, sans en être assurés, que cet éboulis provient de la démolition d'une falaise des Grès horizontaux, maintenant disparue ou noyée sous les sables du Gondo.

5° A l'est et au nord des Grès horizontaux de Hombori, en différents points, divers auteurs ([1]) ont signalé des schistes et des grès quartzitiques redressés. Ces terrains se poursuivent sans interruption jusqu'à Ansongo, avec un métamorphisme croissant : débutant par des schistes argileux et des grès quartzitiques, ils finissent par des gneiss et des quartzites micacés. Les Grès horizontaux et les Schistes redressés n'ont pas encore été vus à moins de 10^{km} les uns des autres et toutes explications sur leurs rapports font une large place à l'hypothèse.

On ne trouve nulle part entre Hombori et Ansongo le passage hypothétique des formations du Gondo (ex-formations de Koro); il semble donc acquis qu'il n'y a pas actuellement de continuité entre elles et les Grès argileux du Niger; il est possible qu'il y en ait eu autrefois; de toute façon ces deux formations présentant les mêmes caractères de dépôts continentaux (et selon nous semi-désertiques) peuvent être contemporaines.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Enregistrements de parasites atmosphériques*. Note de M. **F. Link**, présentée par M. Ch. Maurain.

La présente Note résume les enregistrements de parasites atmosphériques du mois de novembre 1931 au mois d'août 1932 effectués à l'Observatoire du Pic-du-Midi à 2860^m d'altitude. Les enregistrements ont été faits en vue de sondages verticaux de l'atmosphère, d'après la théorie de M. Lugeon ([2]). La situation isolée de l'Observatoire supprime complètement les parasites industriels. Son altitude, d'autre part, cause quelques perturbations, qui, à la même époque, dans la plaine passeraient inaperçues. Pendant la période des neiges qui dure de 8 à 9 mois, l'Observa-

([1]) R. de Lamothe, *Bull. Soc. Géol.*, 1909, n°s 7-8, p. 526-539.

([2]) *Archives Sciences physiques et naturelles*, Genève, 5e période, 10, 1928, p. 311.

toire est très souvent entouré de nuages de neige électrisés, dont la chute sur l'antenne de réception produit un crépitement de fréquence assez élevée (10-20 par seconde); et, par suite, le relais de l'appareil enregistreur ne suit pas et reste collé. Le même phénomène se produit quelquefois par un temps clair quand les rafales de vent soulèvent la neige poudreuse et la projettent sur l'antenne. Au casque, on peut très bien suivre ces parasites en même temps que les bruits produits par les coups de vent dans la cheminée.

L'appareil enregistreur comporte un poste récepteur accordé sur 2000^{m} environ (deux hautes fréquences, une détectrice et deux basses fréquences à transformateur). Le courant sorti du poste est détecté de nouveau par la courbure de la caractéristique de plaque et actionne un relais sensible qui envoie à l'arrivée de chaque parasite un courant dans le récepteur de l'anémocinémographe Richard dont la plume trace la fréquence des parasites en fonction du temps. Sur la même feuille une autre plume trace les repères horaires donnés par une pendule. La vitesse de déroulement est de 30^{mm} à l'heure et la plus grande déviation de la plume correspond à 150 parasites à la minute. L'ensemble est mis en marche par un réveil 3 heures avant le lever du Soleil et coupé une heure après.

Seuls les parasites dits nocturnes ou anticycloniques nous intéressent dans nos enregistrements. Les courbes de fréquence des parasites montrent une chute très rapide avant le lever du Soleil. Sur la descente de la courbe on constate des pointes qui, d'après la théorie citée, correspondent aux levers du Soleil à différentes altitudes sur la verticale de l'antenne de réception. Malheureusement ces parasites sont très souvent accompagnés d'autres parasites, précédant surtout les fronts froids; la courbe en est déformée, de nouvelles pointes se forment qui n'ont aucun rapport avec la variation régulière des parasites nocturnes. C'est pour cela que je donne les résultats sous la forme statistique en notant chaque pointe assez caractéristique sur la descente brusque de la courbe chaque fois que celle-ci s'est présentée assez nettement.

Angle de dépression du Soleil α°.	Nombre de pointes observées.	Angle de dépression du Soleil α°.	Nombre de pointes observées.
3,0- 3,9	1	11,0-11,9	18
4,0- 4,9	4	12,0-12,9	8
5,0- 5,9	12	13,0-13,9	4
6,0- 6,9	4	14,0-14,9	5
7,0- 7,9	4	15,0-15,9	8
8,0- 8,9	4	16,0-16,9	7
9,0- 9,9	11	17,0-17,0	1
10,0-10,9	13		

D'après ce tableau et surtout d'après un graphique détaillé on remarque trois maxima de fréquence. Le premier vers 5°,8, le second vers 11°,0 et le troisième, peu net, vers 15°,6.

La relation entre l'angle de dépression du Soleil au-dessous de l'horizon de l'antenne de réception et la hauteur du point sur la verticale de l'antenne de réception où le Soleil se lève en ce moment est la suivante :

$$h = 2r\sin^2\frac{\alpha}{2} \quad (r \text{ est le rayon de Terre}). \tag{1}$$

Dans cette relation, nous négligeons la réfraction horizontale, ce qui revient à augmenter le rayon r jusqu'à une certaine altitude où la réfraction devient négligeable. En différentiant notre formule (1) on a

$$dh = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}\,dr + r\sin\alpha\,d\alpha. \tag{2}$$

En prenant par exemple $dr = 100^{\text{km}}$, on commet en moyenne une erreur de 2^{km}. D'autre part, nos enregistrements ne peuvent fournir l'angle α qu'à $d\alpha = \pm 0°,2$ près, ce qui entraîne une erreur de $\pm 4^{\text{km}}$ en moyenne.

La formule (1) donne alors les altitudes suivantes pour les maxima trouvés plus haut :

5°,8 : 35^{km}; 11°,0 : 115^{km}; 15°,6 : 235^{km}.

Le premier maximum correspond à la concentration maxima d'ozone, le second à la couche de Heaviside et le troisième à la couche réfléchissante trouvée par la méthode des échos.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les variations de salinité mesurées à l'aide des conductivités électriques : étude de la Rance au Chatelier.* Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. L. Mangin.

Remontant la Rance de Saint-Malo à Dinan, on suit d'abord une sorte de vaste fjord, entièrement rempli d'eau de mer : les dessalures ne commencent qu'à une quinzaine de kilomètres du rivage, mais c'est seulement au Chatelier (20^{km}) qu'elles peuvent atteindre des proportions considérables. En cet endroit, la vallée est barrée par une digue qu'un môle allongé vers l'aval sépare de l'écluse située sur la rive gauche. Seules les marées de plus de $11^{\text{m}},20$ franchissent le barrage. Le reste du temps l'eau peut s'écouler par le barrage ou par l'écluse. En amont se trouve un large bassin à niveau peu variable, puis commence le canal que les fortes marées parcourent jusqu'au delà de Dinan, et par où débouche le faible débit d'eau douce de la rivière.

Étudiant la flore et la faune de la région du Chatelier, Hamel, puis Ed. Fischer [1], y ont obtenu en même temps, par titrage des chlorures, des chiffres de salinité très variés. Une étude systématique fut commencée en 1927 par A et B. Chauchard. J'ai pu à mon tour m'y attacher.

Comme ces deux derniers auteurs [2], j'ai employé l'électro-conductivimétrie, méthode de grand intérêt pour l'étude des variations de salinité, puisque à chaque valeur de la conductivité correspond une teneur en électrolytes déterminée. La mesure se fait par la méthode classique de Kohlrausch, soit au laboratoire, soit sur le terrain : dans ce dernier cas les électrodes sont descendues *in situs* protégées par un vase de buis. Une courbe expérimentale établie au préalable, et pour différentes températures, permet de passer de la conductivité χ de l'eau traitée à sa densité d ou à sa teneur en chlore Cl et de là à sa salinité totale par la formule de Krindsen. La quasi-certitude de la courbe pour ses faibles valeurs permet d'admettre la proportionnalité entre la conductivité et les autres facteurs :

$$\chi = 2,6\,\mathrm{Cl} \text{ pour } \chi < 15,$$
$$\chi = 2\,(d - 1000) \text{ pour } \chi < 30$$

(χ en 10^{-3} mhos/cm ; Cl en grammes par litre ; d en millième).

La salinité ou la densité sont ainsi obtenues avec la même précision que la conductivité.

Avec cette technique l'eau de mer à Saint-Servan donne en moyenne $\chi = 47$ ($d = 1026,5$; $S = 35,5$), une eau de puits $\chi = 0,61$.

1° J'ai d'abord étudié la répartition des salinités : à une profondeur donnée correspond une teneur donnée en électrolytes. L'eau très dessalée à la surface garde au contraire une salure élevée au fond. Entre les deux, il y a, non une séparation nette, mais une lente transition. Plus en amont l'influence de l'eau douce se fait sentir davantage et les salinités décroissent pour des profondeurs égales. Voici, comme exemple, des chiffres obtenus le 18 août 1932 à la fin d'une vive eau, après le retrait de la mer (χ exprimé en 10^{-3} mhos/cm) :

Endroit de la traversée.	Niveau.	Rive gauche.	Chenal.	Rive droite.
Près du barrage	Surface	8	8	8
»	Fond	(0^m,50) 9	(4^m) 44	(1^m,50) 12
Milieu du quai	Surface	8	8	6,5
»	Fond	(2^m) 18	(3^m) 39	(2^m,50) 28
Fin amont du quai	Surface	6	6	6
»	Fond	»	(2^m,50) 24	(0^m,50) 7
Rocher du Livet	Surface	6	6	8
»	Fond	(2^m) 18	(2^m,50) 28	(2^m) 19
Élargissement amont	Surface	6	6	6
»	Fond	(1^m) 7	(2^m) 17	(1^m,50) 12

Au point de vue œcologique, ceci explique la répartition déjà connue des orga-

---

(1) E. FISCHER, *Ann. Institut océanographique*, 5, 1929, p. 308.

(2) M. et Mme A. CHAUCHARD, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1503.

nismes en surface : Chlorophycées saumâtres, *Ruppia*, le Mollusque *Bithynia tentaculata*; au fond *Carcinus Maenas*; le fait que Bars et Carrelets, après leurs incursions de pêche dans les herbiers, retournent dans les fonds où ils passent également l'hiver. La forme en fuseau des encroûtements de *Mercierella enigmatica*, qui ne remontent pas jusqu'à la surface est liée à un optimum de salinité pour l'espèce.

2° Observons ensuite l'évolution dans le temps : en face de l'apport faible et constant d'eau douce, l'apport d'eau de mer est brusque. J'obtiens, par exemple, le 6 août près de l'écluse, avant le passage de la mer en surface 2,7 et au fond (4^{m})21. Au moment du flot, l'eau salée (45 en surface) se précipite avec violence par-dessus le barrage. De très forts courants remontent le canal, repoussant l'eau dessalée en amont et sur les côtés. L'eau de surface est alors plus salée que l'eau profonde; puis rapidement elle tombe au fond dont elle augmente la salure, ou est éliminée par le barrage. Les couches superficielles redeviennent presque douces.

Deux heures après le flot, je trouve 2,3 en surface et 42 au fond. Suivant l'amplitude de la marée, le flot se fait sentir plus ou moins loin vers l'amont. Pas assez durable pour nuire aux organismes de surface, il permet cependant l'établissement de *Caloplaca marina* sur les rochers exposés.

Cet apport étant supprimé en morte eau, la diffusion qui jouait déjà légèrement entre la marée haute et la marée basse, devient plus sensible, d'autant plus que le barrage est souvent à sec : les fonds se dessalent au profit de la surface. C'est ainsi qu'au même endroit, le 11 août (morte eau), j'avais 7 en surface et 22 au fond.

Comme dernières causes de variations, il faut ajouter le climat : par temps pluvieux ou en hiver, l'apport d'eau douce est plus élevé pour un apport d'eau de mer plus dessalée : la valeur absolue de tous les chiffres se réduira.

3° Les deux déversoirs, celui du barrage et celui de l'écluse diffèrent entre eux par l'origine de leurs eaux. Du côté du barrage c'est l'eau de surface dessalée qui s'écoule, baignant des tapis de Chlorophycées seules capables de supporter de telles variations de salinité entre marée haute et marée basse. A l'écluse, il y a quelques pertes superficielles dessalées (2,5 le 6 août) et un courant profond (41,8) : le déversoir toujours assez salé permet le développement de *Fucus vesiculosus* sur le môle.

J'ai voulu par cette étude, effectuée à l'aide de cette méthode précise et commode qu'est la mesure des conductivités électriques, montrer le détail des variations de salinité auxquelles sont soumis les organismes habitant ces intéressantes régions, transition entre le domaine marin et le domaine fluvial.

PHARMACOLOGIE. — *Sur le sort du chloral hydraté dans l'organisme.* Note de MM. **N. Em. Renescu** et **B. B. Olszewski**, présentée par M. d'Arsonval.

D'après certains auteurs (Liebreich, etc.) l'action narcotique du chloral tiendrait au chloroforme produit par décomposition du chloral. D'autres l'attribuent, dans ces conditions, à la formation d'oxyde de carbone. Enfin la plupart (notamment Nicloux) considèrent que l'action appartient au chloral lui-même.

Nous avons, par une technique nouvelle, abordé cette question.

Technique. — Des chiens reçoivent, par la saphène interne, l'hydrate de chloral en solution à 10 pour 100. Le sang est prélevé pendant la narcose, les organes immédiatement après la mort.

1° *Dosage du chloroforme.* — Une partie de sang ou d'organe (20^{g}) est placée dans un bocal contenant 50^{cm^3} d'alcool à 95° et taré; on divise dans le bocal même, transvase dans un ballon à 500^{cm^3}, on ajoute 50^{cm^3} d'alcool à 95° et 10^{cm^3} d'une solution à 20 pour 100 d'acide tartrique. Le mélange est distillé, l'extrémité du réfrigérant plongeant dans un peu d'alcool à 95°. Le distillat recueilli (50^{cm^3}) contient seulement le *chloroforme*. Il est traité par 10^{cm^3} de potasse alcoolique (à 10 pour 100) et abandonné en fiole bouchée pendant 24 heures. Puis la saponification est achevée au bain-marie pendant 30 minutes (Nicloux). On évapore, on reprend par l'eau et l'acide azotique (4-5^{cm^3}) et l'on titre les chlorures (1^{cm^3} sol. NO^3Ag N/20 $= 1^{mg},99$ de chloroforme).

2° *Dosage du chloral.* — Une autre partie d'organe (pulpé) est traité dans un ballon (de 1500^{cm^3}), on y ajoute 120-140^{cm^3} d'eau et 20^{cm^3} de sol. d'acide tartrique à 20 pour 100. On distille jusqu'à ce qu'une prise d'essai du liquide sortant du réfrigérant ne donne plus la réaction à la résorcine. Une portion de 40^{cm^3} du distillat est reprise avec 60^{cm^3} d'alcool à 95° et 20^{cm^3} de potasse alcoolique. On abandonne pendant 24 heures dans une fiole bouchée, et puis la saponification est achevée au bain-marie (3 heures). On titre les chlorures (1^{cm^3} NO^3Ag N/20 $= 2^{mg},76$ chloral hydraté).

Correction : Déduire, le cas échéant, de la quantité totale de chlorures celle qui correspond à la soponification du chloroforme.

Expériences. — Chien n° 1 : $0^{g},25$ chloral par kilogramme d'animal, non mort; n° 2 : $0^{g},33$ par kilogramme, mort 18 minutes après le début de l'injection; n° 3 : 1^{g} par kilogramme en une seule injection, mort en 20 minutes après le début de l'injection; n° 4 : 1^{g} par kilogramme en plusieurs injections, mort 87 minutes après la première injection.

TABLEAU I.
(en milligrammes par 100g d'organes)

Organe ou humeur.	Chien I. Chlorof.	Chien I. Chloral.	Chien II. Chlorof.	Chien II. Chloral.	Chien III. Chlorof.	Chien III. Chloral.	Chien IV. Chlorof.	Chien IV. Chloral.
Sang I.......	2,0	12,4	–	–	–	–	traces	(1) 33,7
Sang II......	non mort		–	–	–	–	1,0	(2) 60,5
Sang III.....			–	–	–	–	2,0	(3) 102,0
Sang IV.....	»		–	–	–	–	traces	(4) 58,0
Cerveau.....	»		3,2	57,0	néant	63,5	3,0	58,0
Cœur,.......	»		3,0	52,5	1,6	180,0	1,0	49,0
Sang du cœur.	»		0,7	23,5	traces	87,0	traces	36,2
Foie.........	»		2,3	64,2	traces	62,6	0,8	127,0
Rein........	»		traces	47,0	2,0	167,0	0,9	93,0
Poumon.....	»		5,4	42,0	2,4	212,0	2,0	47,0
Râte........	»		2,0	25,0	–	–	3,9	98,0
Intestin.....	»		1,7	44,0	traces (Intestin et Estomac)	93,3 (Intestin et Estomac)	2,8	75,5
Estomac.....	»		néant	24,0			1,0	18,0
Graisse......	»		néant	7,0	néant	14,7	néant	45,0

(1) 17 minutes après l'injection de 5g chloral; (2) 13 minutes après une autre injection de 4g; (3) pendant l'injection de 2g; (4) 6 minutes après.

Influence de la putréfaction. — Au point de vue toxicologique, le sort du chloral dans l'organisme a fait l'objet de nos expériences sur des organes frais et putréfiés et dont les résultats sont les suivants :

TABLEAU II
(en milligrammes pour 100g d'organe).

Organe.	Chlorof.	Chloral.	Organe.	Chlorof.	Chloral.
Cerveau frais.........	3,2	57,0	Poumon frais..........	2,4	212,0
» après 16 jours..	néant	30,7	» après 22 jours...	traces	190,0
Cœur frais...........	1,6	180,0	Intestin frais.........	traces	99,3
» après 25 jours...	traces	138,0	» après 22 jours...	0,7	53,3
Foie frais.............	traces	62,6	Sang frais.............	traces	58,0
» après 23 jours....	1,5	46,9	» après 35 jours....	néant	traces
» après 52 jours....	néant	19,3	Rein frais............	0,9	93,0
» après 80 jours....	néant	1,6	» après 50 jours.....	néant	néant
Rein frais............	traces	47,0	Poumon frais..........	2,0	47,0
» après 14 jours....	néant	39,6	» après 50 jours...	néant	néant

Conclusions. — 1° Nos recherches démontrent que, chez les chiens chloralés, on retrouve le *chloral* dans tous les organes en quantités relativement élevées, alors qu'on ne trouve du *chloroforme* qu'à l'état de traces et non dans tous les organes. Ces traces sont minimes et ne sauraient justifier l'hypothèse que l'action du chloral est due à sa décomposition en chloroforme.

2° Le *cerveau*, *foie*, *rein*, *cœur*, *intestins* sont les organes qui fixent le

plus de chloral. Dans le *sang*, la teneur en chloral est relativement élevée immédiatement après l'injection, puis elle diminue très vite.

3° Dans le *cerveau* la teneur en chloral paraît sans relation avec la dose injectée, ni avec la durée de la narcose, alors qu'elle croît avec cette dernière dans le *foie* et les *graisses*.

4° Le chloral ne paraît pas résister plus de 2-3 mois à la putréfaction des organes.

BIOLOGIE. — *Nouvelles expériences, dans la nature, sur le phototropisme du plancton d'eau douce*. Note (¹) de MM. **J.-R. Denis**, **P. Paris** et **P. Rémy**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les recherches qui font l'objet de cette Note ont été effectuées en septembre 1932, dans le canal de Bourgogne, sous un pont en face de la station aquicole Grimaldi (Saint-Usage, Côte-d'Or). L'appareillage et le mode opératoire ont été les mêmes que dans les expériences effectuées à cet endroit, en septembre 1930 (²). On avait alors opéré en surface, soit avec une lumière blanche dont on pouvait faire varier à volonté l'intensité (100, 50, 20, 6 et 1 bougies), soit avec des lumières colorées. Cette année, les expériences ont été faites au fond de l'eau ($2^m,40$) avec lumière blanche à intensité variable.

La composition du plancton du fond a été sensiblement la même qu'en surface; cependant, comme on pouvait s'y attendre, des animaux benthiques, comme certains Hydrachnides, ont été plus abondants. Le nombre total des *Argulus foliaceus* L., récoltés tant à l'obscurité qu'en lumière blanche, a été considérablement plus grand qu'en 1930 (17 contre 1 pour 12^{m^3} d'eau); nous ne faisons pas état de cette différence, les facteurs de la répartition de ces parasites étant trop complexes; d'autre part, les nombres relevés dans les différentes expériences sont trop faibles pour que l'on puisse affirmer l'existence d'un phototropisme chez ces Crustacés.

Comme précédemment, la quantité de plancton récoltée a été notablement plus grande à la lumière (principalement à 1 et 6 bougies) qu'à l'obscurité. Cette augmentation de volume est due surtout à la plus grande abondance des *Leptodora Kindtii* (Focke), *Diaphanosoma brachyura* Lievin, *Bosmina longirostris* (O. F. M.), *Ceriodaphnia pulchella* G. O. Sars et *C. megalops* G. O. Sars. Comme en surface, les Copépodes (*Cyclops*, *Diap-*

(¹) Séance du 3 octobre 1932.
(²) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1372.

tomus) ont été nettement dominants, sauf aux intensités faibles pour lesquelles ils n'ont pas été plus nombreux que les Cladocères.

Nous ne pouvons encore rien préciser sur le phototropisme des *Bosmina* et des *Ceriodaphnia*. Les *Leptodora*, peu nombreuses à l'obscurité (3 aux 100 litres), ont fui la lumière blanche intense (60 à 100 bougies) et ont été attirées par la lumière blanche faible (moyenne par 100 litres : 3 à 50 bougies, 10 à 20 bougies, 175 à 6 bougies et 350 à 1 bougie). A noter que, dans les diverses expériences faites avec des intensités de 1 et 6 bougies, le nombre de ces Cladocères a varié considérablement d'une pêche à l'autre, ce qui paraît indiquer que les animaux se déplacent par essaims.

Sida cristallina (O. F. M.) s'est comporté en profondeur comme en surface et, semble-t-il, d'une façon analogue aux *Leptodora*, encore que les résultats aient été moins nets. Il en a été de même pour *Moina micrura* Kurz ?

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les étho-esters du glycérol ou étho-glycérides de l'huile de foie de Liche*, Scymnorhinus lichia *Bonnaterre*. Note [1] de MM. **Émile André** et **Armand Bloch**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1922, deux chimistes japonais Tsujimoto et Toyama [2] ont découvert dans les matières insaponifiables retirées des huiles de foie de divers squales et raies, deux glycols particuliers de formule $C^{21}H^{44}O^{3}$ et $C^{21}H^{42}O^{3}$ auxquels ils ont donné les noms d'alcool batylique et d'alcool sélachylique. Quelque temps plus tard, Toyama [3] retira de l'huile de foie d'une Chimère (autre poisson cartilagineux) un homologue inférieur de l'alcool batylique, l'alcool chimylique de formule $C^{19}H^{40}O^{3}$.

Par la suite, la présence d'un ou plusieurs de ces alcools a été reconnue dans les lipides des organes d'autres poissons cartilagineux [4] ou de certains céphalopodes [5].

La constitution de ces nouveaux composés a été pressentie et annoncée par Toyama qui reconnut qu'ils fournissent de l'acroléine par pyrolyse, et les envisagea comme des éthers-oxydes du glycérol et des alcools cétyliques,

---

(1) Séance du 3 octobre 1932.

(2) *Chemische Umschau*, 29, 1922, p. 27, 35, 43.

(3) *Chemische Umschau*, 31, 1924, p. 62.

(4) Toyama, *Chemische Umschau*, 29, 1922, p. 237, 245; 31, 1924, p. 61, 153. — Chapman, *Analyst*, 82, 1927, p. 622.

(5) Tsujymoto, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 6, 1931, p. 289, d'après *Chim. et Ind.*, 27, 1932, p. 1590.

octadécylique et oléylique ([1]). En 1928, deux auteurs anglais, Heilbronn et Owens ([2]) ont confirmé les vues de Toyama en réalisant la préparation de l'alcool batylique par voie de synthèse. Aucun des auteurs qui ont étudié les glycols chimylique, batylique et sélachylique ne s'est occupé jusqu'ici d'établir sous quelle forme ces composés existent immédiatement dans les huiles dont on les retire. Nous avons reconnu qu'ils s'y trouvent à l'état combiné et que les deux fonctions alcool restées libres dans le glycérol, la troisième étant bloquée sous forme d'éther-oxyde, sont éthérifiées par des acides gras. Nous proposons le nom d'étho-glycérides pour ces étho-esters du glycérol.

Voici comment nous avons été amenés à établir leur existence en étudiant l'huile de foie de Liche (*Scymnorhinus Lichia* Bonnaterre).

L'échantillon qui nous a servi de matière première avait les caractères suivants : indice de saponification (ébullition à reflux $1^h,45$) : 69,1; indice d'acétyle : 3,5.

Nous avons saponifié une certaine quantité du produit par ébullition prolongée avec une solution hydro-alcoolique de soude. L'huile a été scindée par cette opération en : matières insaponifiables, 64 pour 100; acides gras, 36 pour 100; glycérol (dosé par la méthode à l'acétine), 1,34 pour 100. Les acides gras avaient un indice de saturation de 189,5 (poids moléculaire moyen : 296). Les matières insaponifiables avaient un indice d'acétyle de 49 et, comme l'avait déjà fait avant nous Toyama, nous y avons caractérisé la présence des glycols du groupe chimylique, batylique et sélachylique. Si ces alcools avaient existé à l'état libre dans l'huile primitive, celle-ci aurait eu un indice d'acétyle de 32; les fonctions alcool de ces composés se trouvaient donc bloquées à l'état d'esters et la saponification les a libérées; il existe nécessairement dans l'huile de foie de Liche des étho-esters du glycérol de la forme

$$C^3H^5\begin{cases} OR' \\ O.CO.R \\ O.CO.R \text{ (ou } R'') \end{cases}$$

Autre preuve de leur existence, la quantité de glycérol trouvée est insuffisante pour fixer tous les acides gras sous forme de glycérides.

Les calculs, basés sur les données expérimentales ci-dessus, nous ont permis d'établir que la composition de l'échantillon d'huile étudiée est approximativement, pour 100 parties en poids :

([1]) *Chemische Umschau*, 31, 1924, p. 62.

([2]) *Chem. Soc.*, 133, 1928, p. 942.

Carbures d'hydrogène fortement non saturés (squalène)..	57
Glycérides....................................	21
Étho-glycérides...............................	21
Cholestérols (en partie libres)........................	présence

Le problème d'analyse immédiate qui consiste à séparer ces divers groupes de constituants reste à résoudre; nous pouvons annoncer dès maintenant que les difficultés qu'il présente ne sont pas insurmontables.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Parasitisme d'un Infusoire dans les parois de la panse du Mouton.* Note de M. **M. Aynaud**, présentée par M. E. Roux.

Les Infusoires abondent dans le tube digestif de nombreux Mammifères : ils ont des hôtes normaux des cavités de la panse des Ruminants, et du gros intestin du Cheval, du Porc, et de nombreux Singes, mais on ne connaît jusqu'ici qu'un seul cas de parasitisme vrai, avec pénétration dans les tissus, c'est celui du *Balantidium coli*, découvert dans une forme de dysenterie humaine. En raison des conditions tardives dans lesquelles sont pratiquées les autopsies humaines, un certain nombre d'auteurs ont émis des doutes sur la réalité de la pénétration du parasite dans la profondeur des organes pendant la vie, et, supposé qu'il s'agissait d'un envahissement cadavérique. Les observations que j'ai pu faire sur l'animal sacrifié avant la mort, en plus de la constatation d'un cas nouveau de parasitisme par un Infusoire, apportent la preuve indiscutable que ce genre de parasites est capable d'envahir les tissus pendant la vie.

Le sujet de mon observation était un agneau de huit mois, séjournant dans mon laboratoire depuis trois mois, et en parfait état de santé. Un matin à 9^h l'animal est trouvé couché sur le flanc, la tête en opisthotonos, avec des secousses convulsives dans les membres et une dyspnée intense. A 11^h les inspirations s'espacent de plus en plus : la mort paraît imminente, et l'animal est sacrifié par saignée aseptique de la carotide.

Dés l'ouverture de l'abdomen, l'attention est immédiatement attirée par une plaque ecchymotique sur la face antérieure de la panse; son diamètre est d'environ 20^{cm}; à son niveau, les vaisseaux sont thrombosés, et au centre existe une tuméfaction sans trace d'œdème. La lésion est immédiatement excisée; une moitié est aussitôt fixée dans le liquide de Bouin, le reste est réservé pour l'étude bactériologique. Tous les autres organes étaient absolument sains; le sang carotidien, largement ensemencé,

n'a donné aucune culture, aussi bien aérobie qu'anaérobie; il n'y avait pas d'azotémie.

L'examen histologique de la pièce fixée au Bouin révèle des lésions extrêmement marquées de la muqueuse, qui sur de nombreux points est complètement nécrosée; sur d'autres existent des érosions, des ulcérations. Entre la muqueuse et la couche musculaire, on observe une infiltration lymphocytaire extrêmement dense; pas trace d'éosinophilie; l'infiltration lymphocytaire se prolonge en certains points à travers la musculeuse. Dans toutes les couches de la paroi de la panse, presque tous les vaisseaux sont thrombosés. Sur les coupes pratiquées aux différents niveaux de la lésion, on constate la présence de nombreux Infusoires; suivant l'incidence de la coupe, ils se présentent sous l'aspect arrondi, ou ovalaire plus ou moins allongé, mais ils sont aisément identifiables par leurs cils, leur cuticule et la forme caractéristique du noyau; ce dernier, sur les coupes parallèles au grand axe du parasite, a la forme allongée typique du macronucléus des Infusoires.

Ceux-ci existent aux différents étages des lésions : on en voit des groupes au sein même de la couche épithéliale : il en existe au niveau des ulcérations au milieu des amas lymphocytaires. Enfin on en rencontre un très grand nombre dans la séreuse au-dessous de l'endothélium : le parasite se trouve donc dans toutes les couches de la panse.

Au niveau des ulcérations, on observe également de nombreux microbes, cocci et bâtonnets, mais ils ne paraissent pas pénétrer très profondément.

Mes constatations actuelles ne me permettent pas de résoudre la question du rôle respectif des deux sortes de parasites dans la genèse des lésions, question qui déjà était posée, et est toujours en suspens, pour la Balantidiose humaine. Mais elles démontrent d'une manière indiscutable chez le Mouton la pénétration des Infusoires pendant la vie dans les parois de la panse, et constituent le deuxième exemple de parasitisme par Infusoires observé chez les Mammifères.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Apparition de cancers de la mamelle chez la souris mâle, soumise à des injections de folliculine.* Note de M. **A. Lacassagne**, présentée par M. Roux.

La rareté du cancer de la mamelle chez le mâle se constate chez la Souris, plus encore que chez l'Homme. Dans les élevages où, par sélection, on a obtenu des lignées de Souris dont les femelles sont atteintes d'adéno-carcinome mammaire dans une proportion qui approche 100 pour 100, cette

affection ne se rencontre, dans l'autre sexe, qu'à titre exceptionnel. Cette immunité pouvant s'expliquer par l'extrême degré d'atrophie de la glande mammaire de la Souris mâle (chez laquelle on ne trouve pas trace de mamelon et dont les régions pectorales et ventrales ne contiennent ni acini ni conduits glandulaires décelables à l'examen histologique), on devrait voir apparaître des cancers, chez des animaux dont on aurait provoqué artificiellement le développement de la glande mammaire.

Dans cette intention, j'avais, en 1927, transplanté des ovaires à une douzaine de Souris mâles, préalablement castrées. Cette tentative, qui n'avait abouti à aucun résultat positif après une année d'observation, fut abandonnée à la suite de la connaissance des expériences semblables de Loeb (1) (1919) et de Cori (2) (1927) qui furent complètement négatives, et de celles de Murray (3) (1927), lequel obtint 4 épithéliomas parmi 210 mâles porteurs d'ovaires transplantés.

Ayant pu disposer d'une préparation extrêmement active de folliculine, j'ai repris l'expérience sous une autre forme : 10 mâles adultes furent castrés et reçurent, à partir du 1er décembre 1931, une injection hebdomadaire de folliculine. Aucun de ces animaux, dont 3 sont encore en vie, n'a présenté de tumeur.

En revanche, une troisième expérience a fourni des résultats suffisamment probants pour qu'ils méritent d'être rapportés. Des injections hebdomadaires de folliculine ont été faites à des souriceaux de 10 à 18 jours, à la dose de 1/20e de centimètre cube d'une solution huileuse contenant 0mg,6 de benzoate de folliculine cristallisée par centimètre cube. Ces animaux provenaient de la lignée R 3 de l'élevage de l'Institut du Radium, laquelle fournit 72 pour 100 de cancers de la mamelle chez la femelle, sans qu'un mâle ait jamais été atteint de cette affection. Parmi cinq animaux ainsi traités, on comptait 3 mâles et 2 femelles. Les mâles ont tous les trois été atteints précocement d'adénocarcinomes mammaires, qui siégeaient au voisinage soit de l'aisselle, soit de l'aine. Chez le premier d'entre eux, la présence d'une petite tumeur iliaque gauche était notée le 1er août, soit 5 mois après le début du traitement; 8 jours plus tard, on remarquait l'apparition d'une autre tumeur symétrique, dans la région iliaque droite : l'examen histologique des deux tumeurs, prélevées le 20 août a confirmé qu'il s'agissait d'adénocarcinomes. Les deux autres mâles, qui ont été sacrifiés au

(1) L. Loeb, *Journ. of Med. Research*, 40, 1919, p. 477.
(2) C. F. Cori, *The Journ. of Exp. Med.*, 45, 1927, p. 983.
(3) W. S. Murray, *Science*, 66, 1927, p. 600.

début de septembre, présentaient également des adénocarcinomes, le premier sur les régions iliaque et axillaire droites, le second sur la région scapulaire droite. A l'observation directe de la face interne de la peau de ces animaux, on pouvait constater la présence d'un épaississement jaunâtre, au niveau des régions axillaires et inguinales, correspondant, comme l'examen histologique l'a prouvé, au développement de petits îlots d'acini mammaires.

Pour interpréter ces résultats, deux explications sont à discuter : *a.* ou bien la folliculine, en provoquant le maintien d'une glande mammaire chez le mâle, a seulement permis à un caractère héréditaire latent (la prédisposition au cancer du sein) de se manifester, en lui fournissant un substratum anatomique; *b.* ou bien l'excitation, produite par l'hormone au niveau de la glande mammaire, a été la cause déterminante de la cancérisation. En faveur de la participation de l'un et l'autre de ces deux mécanismes, signalons que, des deux femelles traitées, si l'une est encore en vie et jusqu'ici exempte de tumeur, l'autre a été l'animal le plus précocement atteint, ayant présenté un adénocarcinome de la région cervicale droite dès le début de juillet, à l'âge de moins de 4 mois. C'est là une précocité d'apparition du cancer de la mamelle chez la souris jusqu'alors jamais rencontrée dans l'élevage de l'Institut du Radium; pour la lignée R 3, l'âge moyen auquel se développe l'adénocarcinome est d'environ 1 an [1]; deux fois on avait vu survenir cette tumeur au cours du cinquième mois, mais jamais plus tôt.

Les résultats d'expériences en cours, portant comparativement sur des lignées de souris les unes très riches, les autres très pauvres en cancers mammaires, préciseront peut-être le mécanisme de la production de ces cancers.

M. **Goard** adresse une Note sur la *Formation du bassin de la Méditerranée*.

MM. **Picou** et **Marcel Baudouin** adressent une Note intitulée *Sculpture d'un sabot de Bovidé sur une table de dolmen*.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

---

(1) N. Dobrovolskaia et N. Kobozieff. *C. R. Soc. de Biol.*, 83, 1931, p. 568.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le bureau le volume VIII, deuxième partie, années 1927-1928, et le volume IX, année 1929, des *Tables annuelles des Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique, de Biologie et de Technologie*, publiées sous le patronage du CONSEIL INTERNATIONAL DE RECHERCHES et de l'UNION INTERNATIONALE DE LA CHIMIE. Secrétaire général : CH. MARIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur les brouillards nocifs.* Note de M. **CAMILLE MATIGNON**.

Le brouillard intense qui s'est maintenu dans la vallée de la Meuse pendant les quatre premiers jours de décembre de l'année 1930 a causé la mort de 70 personnes et entraîné la maladie de plusieurs milliers d'habitants.

Les experts ont montré que les éléments nocifs provenaient des foyers industriels et domestiques de la région et étaient surtout constitués par les acides sulfureux et sulfurique (1).

Il me paraît intéressant de signaler à l'Académie l'observation d'un brouillard malfaisant faite par le pharmacien militaire Paissé le 14 nivôse, an VIII (4 janvier 1800) à Maestricht (alors chef-lieu d'un département français) également dans la vallée de la Meuse.

« Le 14 nivôse, un brouillard peu épais couvrait l'horizon, à 9^h il s'éleva de quelques

(1) MAGE et BATTA, *Chimie et Industrie*, 27, 1932, p. 961.

mètres, à 11^h il devient plus considérable, à midi il était si épais que deux personnes près l'une de l'autre avaient beaucoup de peine à s'apercevoir, à 3^h sa densité était encore plus grande (température $+9^\circ$).

» Il exhalait une odeur si fétide qu'il gênait fortement la respiration; l'odeur et l'âcreté de ce météore étaient si désagréables, que j'ai cru un instant que cette propriété lui était communiquée par les vapeurs du combustible bitumeux dont on fait usage dans le pays, et je n'ai été entièrement désabusé qu'en m'éloignant de la ville; en pleine campagne, je me suis trouvé aussi vivement affecté de ses effets; mes yeux étaient irrités au point de laisser couler des larmes involontaires. Je suis rentré chez moi après avoir surmonté les plus grandes difficultés.

» Le brouillard ne se dissipa qu'à 9^h du soir.

» Le lendemain j'ai vu plusieurs personnes se plaindre d'avoir éprouvé, dans la nuit du 14, des insomnies, et moi-même j'étais dans ce cas; il est également entré à l'hospice militaire de cette place plusieurs militaires atteints d'engorgement aux glandes parotides et aux testicules; cette affection était généralement accompagnée de surdité.

» Un pharmacien de cet hospice, qui paraissait bien portant le jour du brouillard, éprouva, pendant la nuit du 14, un frisson fébrile, qui détermina une inflammation à la gorge, avec extinction de voix, un violent mal de tête et une surdité complète ([1]). »

Parmentier, dans un Mémoire qui fait suite ([2]), propose tout un programme d'essais pour déterminer la nature des vapeurs qui constituent ces brouillards, établir les différences qui existent entre elles et, par des expériences bien exactes, fixer leurs propriétés physiques et chimiques.

Il voit d'ailleurs dans les fumées des foyers (on consommait déjà la houille dans la vallée de la Meuse) la cause des malaises, évidemment beaucoup moins graves qu'en 1930, en raison du petit nombre d'usines existant alors dans la vallée.

Il note également une observation faite à l'occasion d'un grand brouillard qui se manifesta à Paris l'année précédente.

« Je remarquai que, dans la cour de la maison où je me trouvais, l'odeur de ce brouillard était comme bitumeuse, et que sa saveur était si âcre qu'elle faisait mal à la gorge; mais qu'à une distance de 400^m environ, cette odeur et cette saveur étaient bien moins fortes, et par conséquent plus supportables.

» Pour me rendre raison de cette différence, je m'informai si, dans le voisinage de la maison où j'étais, on ne brûlait pas du charbon de terre J'appris en effet qu'à très peu de distance il y avait un forgeron. »

....

([1]) Paissé, *Annales de Chimie*, 34, an VIII, 1800, p. 219.

([2]) *Ibid.*, p. 225.

La fumée, à la sortie de la cheminée, ne se répandait pas dans l'atmosphère, mais était refoulée dans le brouillard.

« J'en conclus que l'odeur bitumeuse dont j'étais frappé devait être attribuée, en grande partie, à la fumée de la forge; ce qui acheva de me le prouver, c'est qu'à 200m plus loin, l'odeur était infiniment moins sensible.

» Je tirai encore de cette observation une autre conséquence, c'est qu'il devait en être de la fumée qui sortait de toutes les maisons voisines, comme de celle de la cheminée de la forge dont j'avais examiné la marche. La fumée des combustibles ordinaires ayant toujours, comme on sait, une odeur et une saveur désagréables, il me semblait qu'en se mêlant avec le brouillard, elle devait nécessairement produire, sur ceux qui étaient exposés à son contact, des effets différents de ceux qu'ils auraient éprouvés s'ils avaient seulement été entourés d'un brouillard dans lequel il n'y aurait pas eu de fumée mêlée.

» J'aurais bien désiré pouvoir vérifier si ma conjecture était fondée; mais des obstacles s'y opposèrent.

» Au reste, en admettant que la fumée n'influe pas d'une manière aussi marquée que je le présume sur la saveur et l'odeur des brouillards, lorsqu'on les respire dans des lieux très populeux et où les habitations sont très rapprochées, on ne disconviendra pas au moins que les vapeurs de différente nature, qui s'élèvent continuellement de ces endroits, et qui, dans un temps ordinaire, sont emportées par l'air; que ces vapeurs, dis-je, ne pouvant pas être aussi facilement dissipées lorsque l'air est chargé de brouillard que lorsqu'il est pur, il doit en résulter qu'elles doivent agir sur nos organes, et y produire les effets dont nous nous plaignons, et que nous attribuons mal à propos au brouillard, tandis que ces vapeurs ne lui appartiennent pas réellement, puisque ces effets n'ont pas lieu lorsqu'on le respire en pleine campagne. »

M. **Jean Charcot** rend compte à l'Académie (1) de la Croisière du *Pourquoi-Pas?* de 1932.

1° La Mission française de l'Année polaire 1932-1933, transportée au Scoresby-Sund, y a trouvé, en excellent état, une maison confortable et une station aérologique, préparées par le *Pourquoi-Pas?* l'an dernier. Ainsi, dès l'arrivée, les observations obligatoires internationales, auraient pu être mises en train; mais le vaste programme adopté dans la suite a nécessité de nouvelles et très importantes installations.

La Marine, suivant ses traditions séculaires, a prêté largement son concours à l'Instruction publique, non seulement en fournissant du personnel et un matériel considérable, mais encore en armant, comme les

(1) Séance du 10 octobre 1932.

années précédentes, le *Pourquoi-Pas?* commandé par l'officier des équipages Chatton et lui adjoignant le puissant brise-glace *Pollux*, commandé par le capitaine de corvette E. Mailloux.

Grâce à l'entrain des équipages bien dirigés par leurs chefs et l'entente cordiale et amicale qui n'a cessé de régner entre tout le personnel des deux navires, les 400 tonnes transportées et jugées indispensables par les membres de la Mission polaire ont pu être débarquées. Les hommes travaillant ensuite en menuisiers, charpentiers, électriciens, mécaniciens, terrassiers, etc., même en montagnards, ont laissé la station Paul-Doumer et son annexe aérologique, luxueusement installées.

M. Maurain a pu s'assurer des conditions parfaites, tant prévues que nouvelles, dans lesquelles se trouve la Mission française pour la poursuite et la réalisation des travaux scientifiques qui lui sont confiés.

2° La présence à bord de MM. Maurain et Jean-Louis Faure, de M. Parat, de MM. Devaux et P. Drach, a permis au *Pourquoi-Pas?* de poursuivre, comme chaque année, toute une série de recherches en dehors de l'installation de la station Paul-Doumer. On peut escompter que, continuées l'été prochain, elles viendront s'ajouter au bilan de l'opération scientifique internationale de 1932-1933.

Ont été effectuées, au cours du voyage par M. Maurain, aidé de M. Devaux, une série de mesures de la conductibilité électrique de l'atmosphère et du nombre de noyaux de condensation atmosphérique; au Scoresby-Sund, des mesures par enregistrement de la radiation solaire globale.

Un rapport a été rédigé par M. J.-L. Faure sur les hôpitaux d'Islande et des Féroé, ainsi qu'un récit anecdotique du voyage.

De riches collections biologiques ont été remises au Muséum par MM. Parat et P. Drach. Ils ont également effectué, sur tout le trajet, des observations de plankton et des recherches de salinité de l'eau de mer et du pH.

M. Devaux a étudié la neige, la glace des icebergs et floes au Scoresby-Sund. Ces messieurs, dans des ascensions et des excursions, ont, en outre, levé des plans topographiques contribuant à la connaissance de la région. De nombreuses observations concernant les glaces, la navigation et des phénomènes météorologiques, en particulier un arc-en-ciel de nuit, ainsi que les mouvements du baromètre dans les rafales, ont été recueillies par le personnel du bord.

Grâce au large esprit scientifique du savant explorateur danois Lauge Koch, qui nous a donné les indications nécessaires, le *Pourquoi-Pas ?* s'est

rendu au Cap Leslie, au fond du Scoresby-Sund, et a pu recueillir une riche collection de fossiles uniques et inconnus.

Le *Pollux*, en accord toujours parfait avec le *Pourquoi-Pas?*, a pu, en se servant d'instruments fournis par ce navire, effectuer une intéressante série de coupes hydrologiques.

Plusieurs centaines de photographies ont été prises et une large documentation générale rapportée.

3° Nous avons eu la bonne fortune, au Scoresby-Sund et en Islande, de nous trouver en rapport avec Lauge Koch, la Mission anglaise de Watkins, les membres de la station de l'Année polaire hollandaise d'Angmassalik et de Reykjavik, ainsi qu'avec M. Mercanton venant d'installer la station Dano-Suisse au Sneefelds Jokull.

Nous avons pu rendre quelques services aux Danois, notamment en transportant d'Islande au Scoresby-Sund un des avions de Lauge Koch qui, depuis trois ans, poursuit un magnifique travail au nord du Scoresby-Sund et nous a toujours fait profiter largement de ses conseils, de son appui et de son expérience.

Un rapport détaillé est en cours de rédaction sur cette campagne, rendue très fructueuse, grâce à la valeur de l'État-Major scientifique, du commandant Chatton, des officiers mariniers et de tout l'équipage du *Pourquoi-Pas?*

M. **Jean Charcot** communique à l'Académie (¹) les nouvelles qu'il vient de recevoir de l'explorateur danois Ejnar Mikkelsen et qui doivent tout particulièrement intéresser notre pays.

Le capitaine Ejnar Mikkelsen, fondateur de la Colonie d'Esquimaux du Scoresby-Sund et qui a puissamment contribué à l'organisation de la Station française de l'Année polaire 1932-1933, avait déjà, dans une mémorable expédition, sous les ordres de l'amiral Amdrup, longé la côte orientale du Groenland s'étendant du Scoresby-Sund à Angmassalik dans un canot à l'aviron, tantôt porté et tantôt à flot. En atteignant la terre de Blosseville, les explorateurs danois avaient déployé le pavillon français.

Cette côte était jusqu'à présent réputée inaccessible à la navigation et même à l'exploration par terre. En cet été de 1932, Ejnar Mikkelsen, avec une équipe de savants sur son petit navire le *Sokongen*, non seulement l'a parcourue, mais encore l'a étudiée à fond. Il a, de plus, construit et appro-

(¹) Séance du 10 octobre 1932.

visionné des huttes qui permettront la communication entre le Scoresby-Sund et Angmassalik.

Les travaux de Lauge Koch, au nord du Scoresby-Sund, et ceux de Mikkelsen au sud, contribuent d'une façon remarquable à l'œuvre admirable, tant scientifique que sociale, inlassablement poursuivie par les Danois dans leur colonie du Groenland.

Mikkelsen s'est particulièrement attaché dans sa dernière expédition à l'étude de la Terre de Blosseville. Nous devons nous réjouir avec lui qu'il ait voulu et pu ainsi célébrer le centenaire de la mort glorieuse de notre compatriote qui, en 1832, a péri avec tout son équipage en s'efforçant d'approcher de la région qu'il avait découverte de loin et à laquelle les Danois ont tenu à donner son nom.

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie des fascicules LXXXIV et LXXXV des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier prince souverain de Monaco : *Recueil des travaux publiés sur ses campagnes scientifiques*, par le Prince Albert Ier de Monaco, et *Annélides Polychètes provenant des campagnes de l'*Hirondelle II (1911-1915), par Pierre Fauvel.

M. **Arnold Theiler** fait hommage à l'Académie de ses *Untersuchungen über den Bau normaler und durch calcium- und phosphorarme Nahrung veränderter Rinderknochen*.

NOMINATIONS.

MM. **E. Picard**, **L. Lecornu** et **A. Cotton** sont désignés pour représenter l'Académie au Conseil d'Administration de l'*Institut de Mécanique* de la Faculté des Sciences de Paris.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'*Observatoire de Marseille*, pour la première ligne, M. *Émile Paloque* obtient 41 suffrages contre 1 à M. *Jean Dufay* et 1 à M. *Alexandre Véronnet*.

Pour la seconde ligne, M. *Jean Dufay* obtient 32 suffrages contre 1 à M. *Alexandre Véronnet*.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Émile Paloque**.
En seconde ligne .... M. **Jean Dufay**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Mémery. *L'Influence Solaire et les Progrès de la Météorologie*.

2° *Actualités scientifiques et industrielles. Exposés de physique théorique*, publiés sous la direction de M. Louis de Broglie. Fascicules I-V. (Présentés par M. M. de Broglie.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la solution continue la plus générale d'une équation fonctionnelle de la théorie des probabilités en chaîne.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

L'attention a été récemment attirée sur l'équation fonctionnelle

$$(F_r) \qquad \varphi_{jk}(s, t) = \sum_{i=1}^{i=r} \varphi_{ji}(s, u)\, \varphi_{ik}(u, t) \qquad (\text{pour } s \leqq u \leqq t;\ j, k = 1, 2, \ldots, r).$$

Dans la théorie des probabilités en chaîne, cette équation se présente avec les conditions

$$(L) \qquad \varphi_{jk}(s, s) = \begin{cases} 1 & \text{si } j = k, \\ 0 & \text{si } j \neq k \end{cases}$$

et

$$(T) \qquad \sum_{k=1}^{k=r} \varphi_{jk}(s, t) = 1,$$

$$(P) \qquad \varphi_{jk}(s, t) \geqq 0.$$

M. Kolmogoroff (¹) a montré que les solutions dérivables en s et t satisfont à certaines équations différentielles linéaires du premier ordre.

M. Hostinsky (²) a obtenu des solutions explicites, extrêmement générales, de la forme

$$\varphi_{ii}(s, t) = 1 + \psi_{ii}(s, t), \qquad \varphi_{ik}(s, t) = \psi_{ik}(s, t) \qquad (i \neq k)$$

avec

$$\psi_{ik}(s, t) = \int_s^t a_{ik}(u)\,du + \sum_{\alpha=1}^{\alpha=r} \int\int a_{i\alpha}(u_1)\,a_{\alpha k}(u_2)\,du_1\,du_2 + \ldots$$
$$+ \sum_{\alpha=1}^{r} \cdots \sum_{\lambda=1}^{r} \int \cdots \int a_{i\alpha}(u_1)\,a_{\alpha\beta}(u_2)\ldots a_{\lambda k}(u_m)\,du_1\ldots du_m + \ldots,$$

où le domaine d'intégration du $m^{\text{ième}}$ terme est

$$s \leqq u_1 \leqq u_2 \ldots \leqq u_m \leqq t.$$

Les fonctions $\varphi_{ik}(s, t)$ ainsi définies sont, quelles que soient les fonctions continues $a_{ik}(u)$, des solutions continues de (F_r), vérifiant la condition (L).

La possibilité d'un choix arbitraire des r^2 fonctions continues $a_{ik}(u)$ rend *tout à fait remarquable* ce résultat (obtenu, de surcroît, par un emploi très ingénieux de la notion — due à M. Volterra — de l'intégration des substitutions). Toutefois, M. Hostinsky ne démontre pas (et d'ailleurs n'affirme pas) que les expressions ainsi obtenues soient les solutions continues les plus générales de (F_r) parmi celles qui vérifient la condition (L).

Nous avons pu combler cette importante lacune au moyen d'expressions beaucoup plus simples (ne contenant ni séries infinies, ni signe d'intégration) et par un raisonnement plus direct :

Les solutions continues de l'équation fonctionnelle (F_r), *qui sont* LES PLUS GÉNÉRALES *parmi celle qui vérifient la condition* (L), *sont de la forme*

$$(1) \qquad \boxed{\varphi_{jk}(s, t) = \sum_i a_{ji}(s)\,\frac{A_{ki}(t)}{d(t)}},$$

où les $a_{ji}(s)$ sont des fonctions continues de s entièrement arbitraires (pourvu que leur déterminant $d(s)$ reste $\neq 0$) et où les $A_{ki}(t)$ sont les coefficients des $a_{ki}(t)$ dans le développement de $d(t)$.

Il suffit de substituer aux $\varphi_{jk}(s, t)$ les expressions (1) dans (F_r) et (L)

(¹) *Math. Ann.*, **104**, 1931, p. 428-431.
(²) *Pub. Fac. Sc. Univ. Mazaryk*, fasc. **156**, 1932, p. 4-12.

pour s'assurer que ces équations sont vérifiées. La démonstration de la réciproque et de ses conséquences sera publiée ailleurs ainsi que son extension à l'équation fonctionnelle de Chapman.

A titre d'exemple de l'intervention des conditions supplémentaires (T) et (P), indiquons la forme simple que prend, *dans le cas où* $r=2$, *le système de solutions continues de* (F_2) *le plus général parmi celles qui vérifient simultanément les conditions* (L), (T), (P), soit

$$(2)\quad \begin{cases} p_{11}(s,t)=\dfrac{b(t)+a(s)}{d(t)}, & p_{12}(s,t)=\dfrac{a(t)-a(s)}{d(t)}; \\ p_{21}(s,t)=\dfrac{b(t)-b(s)}{d(t)}, & p_{22}(s,t)=\dfrac{a(t)+b(s)}{d(t)}; \end{cases}$$

où $d(t)=a(t)+b(t)$ et où $a(s)$, $b(s)$ sont des fonctions continues *non décroissantes* dont la somme reste positive. On résout facilement sur ces expressions le problème principal qui se pose à leur sujet (en théorie des probabilités) : savoir déterminer le comportement des $p_{jk}(s,t)$ quand t croît indéfiniment.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des solutions des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

J'ai déjà donné (*Comptes rendus*, 6 juin 1931) des généralisations des théorèmes importants obtenus par M. Haar sur l'unicité des solutions des équations aux dérivées partielles du premier ordre (*Comptes rendus*, 2 juillet 1928; *Actes de Bologne*, 3, p. 5). En revenant sur ce sujet je voudrais signaler les théorèmes suivants faciles d'ailleurs à établir :

Théorème I. — *Soit* T *le triangle limité par les droites*

$$x=0,\qquad y-b+Ax=0,\qquad y+b-Ax=0,$$

$b>0$, $A>0$. *Supposons que la fonction* $z(x,y)$ *et ses dérivées* p, q *soient continues dans* T *et que* z/x^m, $0\leqq m<1$ *tend vers zéro avec* x. *Supposons que l'on ait pour* $x>0$ *rempli l'inégalité*

$$(1)\qquad |p|\leqq\frac{m|z|}{x}+A|q|+\delta e^{x^{1-m}}.$$

On aura alors dans T *l'inégalité*

$$(2)\qquad |z|\leqq\delta x^m\frac{e^{x^{1-m}}-1}{1-m}.$$

[1] Séance du 10 octobre 1932.

La condition (1) peut être remplacée par la condition

$$(3) \qquad |p| \leqq \left(\frac{m}{x} + \frac{1-m}{x^m}\right)|z| + \delta + A|q|,$$

ce qui donne pour $m = 0$ le théorème de M. Haar.

Théorème II. — *Supposons z/x continu pour $x \neq 0$. L'inégalité*

$$(4) \qquad |p| \leqq \frac{|z|}{x}\left[1 - \frac{1+\varepsilon}{\log\frac{1}{x}}\right] + \delta + A|q| \qquad (\varepsilon > 0,\ \delta > 0)$$

entraîne l'inégalité

$$(5) \qquad |z| \leqq \frac{\delta}{\varepsilon'} \times \log\frac{1}{x} \qquad (0 < \varepsilon' < \varepsilon).$$

Théorème III. — *Supposons que $z \log 1/x$ soit continu et égale* 0 *sur l'axe des y, et que l'on ait l'inégalité pour $x > 0$,*

$$(6) \qquad |p| \leqq A|q| + \frac{|z|}{x\log\frac{1}{x}} + \frac{\delta}{x\left(\log\frac{1}{x}\right)^3},$$

$\delta > 0$. *On a alors l'inégalité*

$$(7) \qquad |z| \leqq \frac{\delta'}{\left(\log\frac{1}{x}\right)^2}$$

avec $\delta' > \delta$.

Théorème IV. — *Soient* U, V *deux fonctions continues en x, y ainsi que leurs dérivées. Supposons qu'elles s'annulent pour $x = 0$ et qu'elles satisfont au système linéaire*

$$(8) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial U}{\partial x} = A_1\dfrac{\partial U}{\partial y} + B_{11}U + B_{12}V, \\[2mm] \dfrac{\partial V}{\partial x} = A_2\dfrac{\partial V}{\partial y} + B_{21}U + B_{22}V. \end{cases}$$

A_1, A_2 sont continus dans T, de maximum de module $\leqq A$. Les B satisfont pour $x > 0$ aux inégalités

$$(9) \qquad |B_{11}|,\ |B_{22}| \leqq \frac{1}{x\log\frac{1}{x}}, \qquad |B_{12}|,\ |B_{21}| \leqq \frac{1}{x\left(\log\frac{1}{x}\right)^3},$$

étant continues pour $x > 0$ et sur l'axe des y. U, V sont alors *identiquement nulles*.

C'est une généralisation d'un théorème important de M. Haar.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de fonctions méromorphes.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Nous avons appelé *fraction rationnelle à termes entrelacés* une fraction $R(z)$ telle que les zéros de chacun de ses termes soient réels, simples et séparent les zéros de l'autre terme ([1]). La substitution $[z, R(z)]$ a des propriétés qui rapprochent $R(z)$ de la fonction homographique et, sauf dans le cas où $R(z)$ se réduit à une fonction homographique, elle diminue la distance non euclidienne de deux points.

Les fractions à termes entrelacés forment un groupe : si $R(z)$ et $S(z)$ sont à termes entrelacés, il en est de même pour $R[S(z)]$.

2. Soit $f(z)$ une fonction qui est limite uniforme, dans le plan ouvert, d'une suite infinie de fractions $R_n(z)$ à termes entrelacés : $f(z)$ est une fonction méromorphe dans le plan ouvert. On peut établir les théorèmes suivants :

Pour qu'une fonction $f(z)$ soit limite uniforme de fractions à termes entrelacés, il faut et il suffit qu'elle soit de la forme

$$f(z) = A - Bz + \sum_{i=1}^{\infty} A_i \left[\frac{1}{z - \alpha_i} + \frac{1}{\alpha_i} \right], \tag{1}$$

les constantes A, B, A_i, α_i *étant réelles*, A_i *et* B *de même signe et la série* $\sum_{i=1}^{\infty} A_i / \alpha_i^2$ *convergente.*

Si les pôles sont de même signe, on distingue deux types de fractions suivant que les zéros suivent les pôles ou inversement.

Pour qu'une fonction $f(z)$ soit limite uniforme de fractions à termes entrelacés, à pôles positifs et du premier type, il faut et il suffit qu'elle soit de la forme

$$f(z) = -A + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{A_i}{z - \alpha_i}, \tag{2}$$

les nombres α_i étant positifs, les nombres A *et* A_i *réels de même signe, et la série* $\Sigma A_i/\alpha_i$ *convergente.*

3. En appliquant les théorèmes précédents aux fonctions égales à la

---

([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1014; *Mathematica*, 5, 1931, p. 110-129.

dérivée logarithmique d'un polynome, on retrouve les propositions caractérisant les fonctions entières qui sont limites de polynomes à zéros réels, ou à zéros réels et de même signe [1].

Voici une autre application. Considérons les séries

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots,$$
$$g(z) = b_0 + b_1 z + \ldots,$$

et désignons par $R_n(z)$ la fonction rationnelle section :

$$R_n(z) = \frac{a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n}{b_0 + b_1 z + \ldots + b_n z^n}.$$

Si les fractions rationnelles sections du quotient de deux séries entières sont à termes entrelacés, elles convergent uniformément dans le plan ouvert, sauf peut-être en certains points isolés, vers une fonction méromorphe de la forme (1) *et de genre un au plus.*

On obtient un théorème semblable lorsque les pôles des fractions sections sont tous de même signe; le genre est alors nul et la limite de la forme (2).

Il suffit d'ailleurs qu'il existe une suite infinie de fractions $R_n(z)$ qui aient deux termes entrelacés.

4. Désignons par (E) l'ensemble des fonctions méromorphes limites de fractions à termes entrelacés. Si $f(z)$ et $g(z)$ appartiennent à (E), il en est de même de $f[g(z)]$. En particulier, la suite des itérées $f_n(z)$ de $f(z)$ appartient à (E).

Dans cette itération, il peut exister un point fixe complexe d'ordre *un* ou deux; ce point est attractif, ainsi que son conjugué et il n'y a pas d'autre point attractif; les points répulsifs forment un ensemble partout dense sur l'axe réel. La suite converge uniformément vers une constante dans l'un des demi-plans séparés par l'axe réel et vers la constante conjuguée dans l'autre demi-plan.

S'il n'y a pas de point fixe complexe, il existe un point fixe réel, d'ordre *un* ou deux, attractif ou indifférent. L'ensemble des points répulsifs et de leurs points limites est un ensemble parfait non dense sur l'axe réel. En dehors des points de cet ensemble la suite converge uniformément vers une constante réelle.

On obtient, dans chacun de ces cas, des fonctions de Kœnigs vérifiant

---

[1] G. Pólya, *Rend. del Circ. Mat. di Palermo*, 36, 1913, p. 279; P. Montel, *Ann. sc. de l'École Normale sup.*, 33, 1916, p. 279.

une équation de Schrœder; ces fonctions sont définies soit dans un demi-plan où elles sont holomorphes et admettent l'axe réel comme coupure; soit dans le plan entier, où elles sont holomorphes et admettent comme points singuliers l'ensemble parfait discontinu précédent.

Ces résultats sont d'accord avec les théorèmes obtenus par M. Wolff et M. Valiron (1) sur les fonctions holomorphes dans le demi-plan supérieur et dont les valeurs appartiennent à ce demi-plan. Une telle fonction possède la propriété de diminuer la distance non euclidienne de deux points et le théorème de M. Wolff peut se déduire aisément de cette propriété.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Comparaison entre les corrections de parois dans les souffleries de section rectangulaire et de section circulaire.* Note (2) de MM. **A. Toussaint** et **H. Girerd**, présentée par M. Henri Villat.

En vue d'expérimentation en courant plan, nous avons monté dans la soufflerie de 2^m de diamètre de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr deux panneaux plans parallèles de 2^m de long, distants de $0^m,750$.

Ce dispositif permet de passer aisément de l'expérimentation en veine circulaire à l'expérimentation en veine rectangulaire, la balance, le modèle et les liaisons restant inchangés.

Nous avons été ainsi conduits à comparer les polaires obtenues en tunnel rectangulaire et en tunnel circulaire, dans des conditions expérimentales qui semblent exclure l'influence éventuelle de tous autres facteurs.

La méthode des images pour la veine circulaire, en admettant une distribution elliptique de la circulation, donne les corrections suivantes :

$$\Delta i = C_y \frac{S}{8S_0}(1+\delta) \qquad \text{et} \qquad \Delta C_x = C_y^2 \frac{S}{8S_0}(1+\delta),$$

avec

$$\delta = \frac{3}{16}\left(\frac{L}{D}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{L}{D}\right)^8 + \ldots,$$

où L représente l'envergure de l'aile, D le diamètre de la soufflerie, S la surface de la maquette, S_0 la section de la soufflerie.

Pour une veine rectangulaire, une méthode analogue, mais en admettant

(1) J. Wolff, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 42, 200, 918; G. Valiron, *Bull. des Sc. math.*, 55, 1931, p. 105.

(2) Séance du 10 octobre 1932.

une distribution uniforme de la circulation, donne les corrections sous la forme

$$\Delta i = \varepsilon C_z \frac{S}{S_0} \qquad \text{et} \qquad \Delta C_x = \varepsilon C_z^2 \frac{S}{S_0},$$

où, avec les mêmes notations, ε est une fonction des dimensions de l'aile et de celles du tunnel calculée par divers auteurs. Nous avons adopté les valeurs données par M. Carafoli (*Contribution à la théorie de la sustentation en Aérodynamique*, Thèse de doctorat ès sciences, Paris, 1928).

Le tableau ci-après donne, à titre d'exemple, les résultats expérimentaux et les corrections de limitation de veine pour un même modèle d'aile (Profil 430, Göttingen) de 620^{mm} d'envergure et de 200^{mm} de corde, essayé successivement en tunnel circulaire de 2^m de diamètre et en tunnel rectangulaire.

Tunnel circulaire de 2^m de diamètre.

α lu ([a]).	Δα parois.	α vrai.	100 C_z.	100 C_x ([b]).	100 ΔC_x parois.	100 C_x vrai.
°	°	°				
−7,25	0,00	−7,25	0,02	1,31	0,00	1,31
−4,25	0,05	−4,20	18,65	1,61	0,02	1,63
−1,25	0,10	−1,15	37	2,47	0,05	2,52
1,75	0,16	1,91	56,4	4,24	0,15	4,39
4,75	0,24	4,99	73,5	6,70	0,21	6,91
7,75	0,26	8,01	93	9,78	0,42	10,20
10,75	0,30	11,05	109,3	13,32	0,59	13,91
13,75	0,34	14,09	122	17,39	0,73	18,12

Tunnel rectangulaire de 2^m × 0^m,750.

α lu ([a]).	Δα parois.	α vrai.	100 C_z.	100 C_x ([b]).	100 ΔC_x parois.	100 C_x vrai.
°	°	°				
−7,55	−0,01	−7,56	−0,7	1,32	0,00	1,32
−4,55	0,39	−4,15	20,5	1,47	0,13	1,60
−1,55	0,79	−0,75	42	2,37	0,58	2,95
1,45	1,21	2,66	64	4,00	1,34	5,34
4,45	1,64	6,09	86,3	6,26	2,45	8,71
7,45	1,99	9,44	105,3	9,29	3,66	12,95
10,45	2,32	12,77	124	12,93	4,65	17,58
13,45	2,51	15,96	132,7	17,24	5,76	23,0

Nota. — ([a]) Y compris ascendance. ([b]) Corrigé des fils et de l'ascendance.

On remarque que les corrections relatives à l'expérimentation en tunnel rectangulaire sont sept fois plus importantes que celles relatives à l'expéri-

mentation en tunnel circulaire; les résultats corrigés fournissent cependant une polaire unique.

Les courbes unitaires $C_x = f(\alpha)$ se rapprochent après corrections, mais elles ne coïncident pas; cette divergence peut être imputée aux hypothèses différentes faites pour la distribution de la circulation dans le calcul des corrections.

On sait en effet, d'après la théorie des ailes rectangulaires, qu'une erreur sur la distribution influe davantage sur l'angle induit que sur la résistance induite.

Le fait de trouver une polaire corrigée unique à partir de résultats expérimentaux très différents constitue une excellente vérification des corrections de parois habituellement appliquées dans les laboratoires aérodynamiques.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Étalonnage d'une soufflerie pour faibles vitesses.* Note de M. **Ch. Sadron**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai construit une petite soufflerie destinée à l'étude des phénomènes aérodynamiques aux vitesses de l'ordre du décimètre par seconde (nombres de Reynolds inférieurs à 100).

L'air, aspiré dans une caisse où l'atmosphère est parfaitement calme, s'écoule dans un tunnel dont la section droite est carrée (5^{cm} d'arête) et dont la longueur est de 15^{cm}. Les parois sont constituées par de bonnes glaces. A l'aval du tunnel l'air passe dans une boîte de garde de 50^{cm} d'arête, puis dans un Venturi dont l'étranglement a une surface de $0^{cm^2},664$. Un manomètre à alcool permet de déterminer la différence entre les pressions statiques de l'air au repos et de l'air en mouvement au niveau de l'étranglement du Venturi.

Étude des vitesses dans la veine. — Un régime d'écoulement étant déterminé par une dénivellation donnée h au manomètre on détermine la valeur et la distribution des vitesses dans le tunnel. A cet effet on colore un filet d'air en le chargeant des fumées blanches produites par la décomposition de $TiCl^4$ liquide affleurant à l'extrémité d'une fine aiguille de verre. Au voisinage de l'origine du filet on produit, au moyen d'un petit éclateur, des étincelles séparées par des intervalles de temps T réguliers que le dispositif

employé permet de mesurer facilement. Il en résulte sur le filet des perturbations périodiques que l'on photographie. La connaissance de l'espace I entre deux perturbations successives et de la période T fournit la valeur $u = I/T$ de la vitesse dans l'intervalle considéré. L'erreur commise dans la détermination de u provient principalement de l'incertitude des pointés qui donnent I. L'expérience montre qu'on peut espérer connaître u à $\pm 2,5$ pour 100 près.

I. Distribution des vitesses. — *a. Le long d'un même filet.* — On s'arrange pour avoir en moyenne six perturbations dans le champ. On a ainsi cinq mesures de vitesse le long du filet. Les cinq valeurs ne diffèrent entre elles que de quantités comparables aux erreurs d'expérience. Il n'existe donc pratiquement pas d'accélération le long d'un même filet.

b. Dans une même section droite. — Des mesures faites sur des filets se rapprochant de plus en plus des parois montrent que la vitesse reste constante pour s'annuler brusquement à la paroi. La couche de passage a une épaisseur de l'ordre de 1^{mm}.

On peut donc admettre que l'on dispose d'un champ uniforme de vitesses dans un parallélépipède rectangle de dimensions voisines de celles du tunnel.

II. Étalonnage. — Il consiste en la détermination de la fonction $h = f(u)$. Expérimentalement l'expression

$$(1) \qquad h = 0,875 \,.\, 10^{-3} u^2 \qquad (h \text{ en centimètres cubes d'alcool, } u \text{ en cm/sec})$$

représente convenablement les résultats de mesure dans tout l'intervalle des vitesses réalisées (de 13 à 40 cm/sec). Théoriquement un calcul élémentaire dans lequel on assimile l'air à un fluide parfait fournit les expressions

$$(2) \qquad h = 0,98 \,.\, 10^{-3} u^2$$

et

$$(3) \qquad h = 0,83 \,.\, 10^{-3} u^2.$$

L'expression (2) est obtenue en négligeant le ralentissement de l'air au voisinage des parois, (3) en négligeant la masse d'air qui s'écoule dans des couches de 1^{mm} d'épaisseur parallèles aux parois. La valeur expérimentale de u est comprise étroitement entre les valeurs déduites de (2) et de (3). Elle diffère de cette dernière d'environ 2 pour 100.

III. Cas des très faibles vitesses. — Pour des vitesses du courant d'air inférieures à 15 cm/sec il se présente un phénomène curieux : le filet de

fumée subit une décomposition : les parties lourdes tombent à la manière de gouttes, les parties légères s'élèvent. L'intervalle entre les « gouttes » successives est le même tout le long d'un même filet. Il est indépendant des dimensions du tube d'alimentation en $TiCl^4$. Il est proportionnel à la vitesse d'entraînement de l'air (qui varie entre 5 et 12 cm/sec dans les expériences). C'est donc que la période de formation des gouttes est constante : sa valeur, déduite de la distance entre deux gouttes successives, est voisine de 0,09 seconde. La stroboscopie confirme la constance de la période et fournit une valeur comprise entre 0,08 et 0,10 seconde, qui confirme la mesure precédente.

On pourra donc se servir du phénomène de décomposition pour déterminer la vitesse d'un courant d'air très lent.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'étude du mouvement brownien dans un champ de forces*. Note (¹) de M. **Jacques Métadier**, présentée par M. J. Perrin.

Dans une précédente Note (²) nous avons résolu l'équation générale du mouvement brownien dans un champ de forces extérieures quelconques.

Nous avions mis l'équation du mouvement brownien sous la forme

$$(1)\quad \frac{\partial p}{\partial t} = \mathcal{H}.p, \qquad \text{avec} \qquad (2)\quad \mathcal{H}. = a\,\Delta - \operatorname{div}\bar{\vec{v}},$$

a est la constante de diffusion, $\bar{\vec{v}}$ la vitesse moyenne de l'ensemble des particules due au champ des forces extérieures.

En explicitant, $\mathcal{H}.$ peut s'écrire

$$(2')\qquad \mathcal{H}. = a\,\Delta - \mathop{\mathrm{S}}_{xyz} \frac{\partial}{\partial x}\bar{v}_x. = a\,\Delta - \mathop{\mathrm{S}}_{xyz}\left(\frac{\partial \bar{v}_x}{\partial x} + \bar{v}_x \frac{\partial}{\partial x}\right).$$

La solution est alors donnée par

$$(3)\qquad p(\mathrm{M}, t) = \mathfrak{U}(t)\,p(\mathrm{M}, 0),$$

$\mathfrak{U}(t)$ étant l'opérateur de J. L. Destouches.

Cette solution n'est malheureusement guère utilisable par le physicien

(¹) Séance du 10 octobre 1932.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1173.

car l'opérateur $\mathcal{U}$. a une expression trés compliquée et d'un calcul souvent inextricable. Mais, il est un cas où il prend la forme simple :

$$(4) \qquad \mathcal{U}(t) = e^{\int_0^t \mathcal{H}.dt}.$$

C'est celui où $\mathcal{H}$. commute avec $\int_0^t \mathcal{H}.dt$.

Nous nous proposons de chercher les conditions de cette commutation. Posons

$$\varpi = \mathcal{H}.\int_0^t \mathcal{H}.dt - \int_0^t \mathcal{H}\, dt.\mathcal{H}. \qquad \text{et} \qquad \mathrm{V}. = -\operatorname{div}\vec{v}.$$

Le calcul donne pour ϖ. l'expression

$$\varpi. = a\left[\Delta.\int_0^t \mathrm{V}.dt - \int_0^t \mathrm{V}.dt.\Delta. + (\mathrm{V}.\Delta. - \Delta.\mathrm{V}.)t\right] + \mathrm{V}.\int_0^t \mathrm{V}.dt - \int_0^t \mathrm{V}.dt.\mathrm{V}.$$

1° On voit que, si V. est indépendant du temps, $\varpi = 0$, car $\int_0^t v.dt$ se réduit à $v.t$. Ceci n'a lieu que si $\vec{v}$ est indépendant de t. Or

$$(6) \qquad \vec{v} = \frac{d\overline{\mathrm{M}}}{dt} \qquad \text{et} \qquad m\frac{d^2\overline{\mathrm{M}}}{dt^2} = \vec{\mathrm{F}} - \beta\vec{v}.$$

Donc $\varpi = 0$ si le champ de forces est indépendant du temps. La solution (4) devient alors $\mathcal{U}. = e^{\mathcal{H}.t}$. On retrouve un résultat déjà donné.

2° $\varpi = 0$ si les trois opérateurs V., $\int \mathrm{V}\, dt$ et Δ. commutent entre eux

$$\mathrm{V} = -\underset{xyz}{\mathrm{S}}\left(\frac{\partial\overline{v_x}}{\partial x} + \overline{v_x}\frac{\partial}{\partial x}\right) \qquad \text{et} \qquad \int \mathrm{V}\, dt = -\underset{xyz}{\mathrm{S}}\left(\int\frac{\partial\overline{v_x}}{\partial x}dt + \int\overline{v_x}\, dt\,\frac{\partial}{\partial x}\right).$$

Les commutations ci-dessus ont lieu si $\overline{v_x}$, $\overline{v_y}$, $\overline{v_z}$ sont indépendantes de x, y, z (et ne dépendent que de t).

Dans ce cas, $d^2\overline{\mathrm{M}}/dt^2$ est uniquement fonction de t et en vertu de (6) cela n'aura lieu que si $\vec{\mathrm{F}} = \varphi(t)$. La force due au champ extérieur est la même en tous points et ne dépend que du temps.

3° On a encore $\varpi = 0$, si v peut être décomposé en une somme de deux termes v_1 et v_2 tels que v_1 ne dépende que des variables d'espace et v_2 que du temps

$$v = v_1(x, y, z) + v_2(t).$$

Cette décomposition ne sera possible que si l'on peut décomposer $\vec{v_v}$ en

deux termes

$$v_{x_1}(x, y, z) \quad \text{et} \quad v_{x_2}(t),$$

et de même pour $\overrightarrow{v_y}$ et $\overrightarrow{v_z}$, c'est-à-dire $\overrightarrow{v} = \overrightarrow{v_1}(x, y, z) + \overrightarrow{v_2}(t)$.

On a alors

$$v_1 = -\underset{xyz}{\mathrm{S}}\left(\frac{\partial \overline{v_{x_1}}}{\partial x} + \overline{v_{x_1}}\frac{\partial}{\partial x}\right), \qquad v_2 = -\underset{xyz}{\mathrm{S}}\,\overline{v_{x_2}}\frac{\partial}{\partial x};$$

puisqu'on a décomposé $\overrightarrow{v}$ en ces deux termes, on a $\dfrac{d^2\mathrm{M}}{dt^2} = \dfrac{d\overline{v_2}}{dt}$.

Le premier membre de l'équation (6) ne dépend donc que du temps; il doit en être de même du second membre :

$$\overrightarrow{\mathrm{F}} - \beta\left(\overrightarrow{v_1} + \overrightarrow{v_2}\right).$$

Il en résulte qu'il faut que $\overrightarrow{\mathrm{F}}$ soit décomposé aussi en deux termes :

$$\overrightarrow{\mathrm{F}} = \overrightarrow{\mathrm{F}_1}(x, y, z) + \overrightarrow{\mathrm{F}_2}(t).$$

On devra avoir

$$\overrightarrow{\mathrm{F}_1} = \beta\,\overrightarrow{v_1} \quad \text{et} \quad \frac{d\overline{v_2}}{dt} = \overrightarrow{\mathrm{F}_2} - \beta\,\overrightarrow{v_2}.$$

Le champ de forces est alors la superposition d'un champ indépendant du temps $\overrightarrow{\mathrm{F}_1}(x, y, z)$ et d'un champ uniforme $\overrightarrow{\mathrm{F}_2}(t)$.

4° Beaucoup d'autres champs permettent encore d'utiliser la solution (4), ce sont ceux pour lesquels $\overrightarrow{v}$ est telle qu'elle annule l'expression intégro-différentielle $\mathcal{O}$, mais ils sont loin d'être simples.

Conclusion. — Dans notre précédente Note, nous avions comparé l'équation du mouvement brownien à l'équation fondamentale de la mécanique ondulatoire. Alors que pour cette dernière équation on voit tout de suite les cas où $\mathrm{D} = 0$, il n'en est pas de même pour l'équation du mouvement brownien. Il était donc utile de dégager les trois cas simples cités plus haut, et notamment le cas où le champ de forces est du type

$$\mathrm{F} = \mathrm{F}_1(x, y, z) + \mathrm{F}_2(t).$$

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'effet Raman dans les solutions de sels cuivriques.* Note de M. **A. da Silveira**, présentée par M. J. Perrin.

Comme suite à une Note [1] publiée précédemment, nous exposons ici le résultat de l'étude des solutions saturées de nitrate et sulfate cuivriques dans l'eau; le chlorure, trop opaque, est inutilisable.

Le sulfate seul avait déjà été étudié; mais, dans des recherches systématiques, il est évidemment nécessaire de comparer au moins deux sels d'un même ion.

La méthode expérimentale est toujours la même [2]. Pourtant, dans le nitrate de cuivre, la bande $\Delta\nu = 3420$ cm^{-1} de l'eau se trouve si fortement déportée vers le rouge qu'il n'est pas nécessaire de filtrer le rayonnement incident par le sulfate de quinine pour apercevoir nettement la raie $\Delta\nu = 1654$ cm^{-1} de l'eau que nous avons signalée antérieurement. Sans filtre, les temps de pose nécessaires furent très grands : 71 heures pour le nitrate et 96 heures pour le sulfate.

On trouvera ci-dessous les résultats obtenus exprimés, comme d'habitude, en nombre d'ondes par centimètre.

La première ligne du tableau contient la moyenne des résultats de Hollaender-Williams [3] et Mukhergee-Sen Gupta [4] pour le sulfate cuivrique.

$CuSO^4$.....	-	-	-	607	729	977	-	-	-	1472	1671
$CuSO^4$.....	279(?)	-	450	618	?	983	-	1058 / 1110 / 1143	-	1476	1654
$Cu(NO^3)^2$...	279	442	-	-	717 / 754	-	1048	-	1325 / 1421	1476	1654

1° Dans le sulfate, les fréquences $\Delta\nu = 450$, 618, 983 cm^{-1} et le triplet de composante centrale $\Delta\nu = 1110$ cm^{-1} appartiennent à l'ion SO^4. La première de ces fréquences et les trois qui composent le triplet sont donc nouvelles dans le sulfate de cuivre. Ce triplet représente un nouveau cas de destruction de dégénérescence. En effet, l'ion SO^4, présentant en première

(1) A. da Silveira, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 521.
(2) A. da Silveira, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1336.
(3) Hollaender-Williams, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 994.
(4) Mukhergee-Sen Gupta, *Ind. Journ. of Phys.*, **3**, 1929, p. 503.

approximation la symétrie d'un tétraèdre régulier centré, possède quatre modes de vibration dont deux sont triplement dégénérés.

Dans les solutions saturées de $(NH^4)^2SO^4$, nousa vons déjà mis en évidence (*loc. cit.*) le détriplement de la raie qui correspondrait ici à $\Delta\nu = 618\,cm^{-1}$. Celle qui apparaît ici sous forme de triplet n'avait pu être étudiée dans le sulfate d'ammonium, car elle y coïncidait avec une bande de l'ion NH^4.

Nous pensons qu'il faut identifier la fréquence $\Delta\nu = 1671\,cm^{-1}$ de Hollaender et Williams avec notre fréquence $\Delta\nu = 1654\,cm^{-1}$, qu'il faut évidemment attribuer à l'eau d'après nos résultats antérieurs.

2° Dans le nitrate, on trouve les trois fréquences de l'ion NO^3, mais, comme dans le nitrate de calcium, les deux raies dégénérées sont dédoublées. L'écart des deux composantes [1], surtout dans le doublet $\Delta\nu = 717\text{-}754\,cm^{-1}$, est beaucoup plus grand dans le cas actuel que pour le sel de calcium, où nous avions trouvé $\Delta\nu = 717\text{-}742\,cm^{-1}$. De plus, les rapports d'intensité sont renversés (les plus intenses sont en italique). Le second doublet présente, pour le $Cu(NO^3)^2$, les fréquences $\Delta\nu = 1325\text{-}1421\,cm^{-1}$ et, pour le $Ca(NO^3)^2$, $\Delta\nu = 1346\text{-}1439\,cm^{-1}$.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *A propos de l'effet Mach.* Note de M. **F. Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

Je crois utile de présenter quelques remarques à propos d'une récente Note de M. Demetrović : *Sur l'effet et la loi de Mach* [2].

1. Lorsqu'on observe la pénombre projetée sur un écran par un corps opaque éclairé par une source large, on voit que cette pénombre est bordée du côté de la pleine lumière par au moins une frange brillante et du côté de l'ombre par une frange plus sombre que l'ombre elle-même. Il y a là une sorte de symétrie qui peut faire croire d'abord à des effets de contraste physiologiques tels que celui de Mach. Il est pourtant certain que, si un effet Mach peut faciliter peut-être l'observation de ces phénomènes et leur mesure, il ne saurait contribuer à leur explication ni intervenir dans la théorie.

Pour ce qui est de la frange claire, j'ai définitivement établi [3] qu'elle

(1) A. da Silveira et E. Bauer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 416.
(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 269.
(3) *J. Phys.*, 6, 1925, p. 305.

n'était qu'un effet de diffraction conforme à l'Optique classique. M. Demetroviè écrit que, bien que la frange apparaisse très lumineuse, « le microphotomètre l'enregistre comme très faible... et les défauts de proportionnalité de l'enregistrement ne suffisent pas, semble-t-il, à expliquer la différence ». Je ne sais pas sur quelles expériences est basée cette affirmation; mais j'ai eu l'occasion au contraire d'enregistrer ces franges sans rencontrer aucune difficulté, et les résultats étaient, en gros, conformes à ce qu'il fallait attendre.

Quant à la frange sombre, qui d'ailleurs n'est pas nécessairement *très étroite*, elle fait partie de ce que j'ai appelé les franges supplémentaires. Ici les contrastes sont très faibles en effet; pourtant on peut photographier le phénomène, l'étudier à volonté sur des positifs ou sur des négatifs, le reproduire en héliogravure; il n'y a donc là non plus rien de physiologique quant à l'essentiel. Mais une sorte d'effet Mach intervient peut-être pour faciliter les mesures en exagérant les contrastes.

2. *Observations analogues au sujet des rayons X.* — J'ai décrit il y a longtemps, dans des Notes parues en 1923 et 1926, les franges qu'on observe sur le pourtour des ombres radiographiques. J'ai montré que la *réflexion* des rayons X par le bord des corps semblait pouvoir expliquer les phénomènes et qu'elle « en détermine en tout cas les grandes lignes » ([1]), M. Demetroviè a confirmé récemment ce point de vue, en donnant une justification géométrique ([2]). Pourtant la question de savoir s'il s'agit *uniquement* d'une réflexion dans le sens classique est loin d'être élucidée : il n'a été fourni aucune réponse jusqu'ici aux difficultés qui s'élèvent à ce propos ([3]) et qui d'ailleurs portent surtout sur des questions d'intensité. J'avais donné à l'ensemble de ces phénomènes le nom de *pseudoréflexion* des rayons X; et je propose de leur conserver ce nom, du moins tant que les points en suspens ne seront pas définitivement éclaircis.

D'autre part, ces franges, qui constituent une sorte de pénombre inversée, peuvent elles aussi s'étudier quantitativement, quant à leur position, sur des clichés tant positifs que négatifs. Si l'on opère avec un tube dont la tache focale ait une structure un peu complexe, elles ont une structure qui correspond exactement à celle de la source ([4]). Donc l'effet phy-

---

([1]) *Ann. Phys.*, 7, 1927, p. 258; *Thèse*, Paris, 1927, p. 26.
([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 699.
([3]) *Ann. Phys.*, 7, 1927, p. 258-259.
([4]) *Ann. Phys.*, 7, 1927, p. 249.

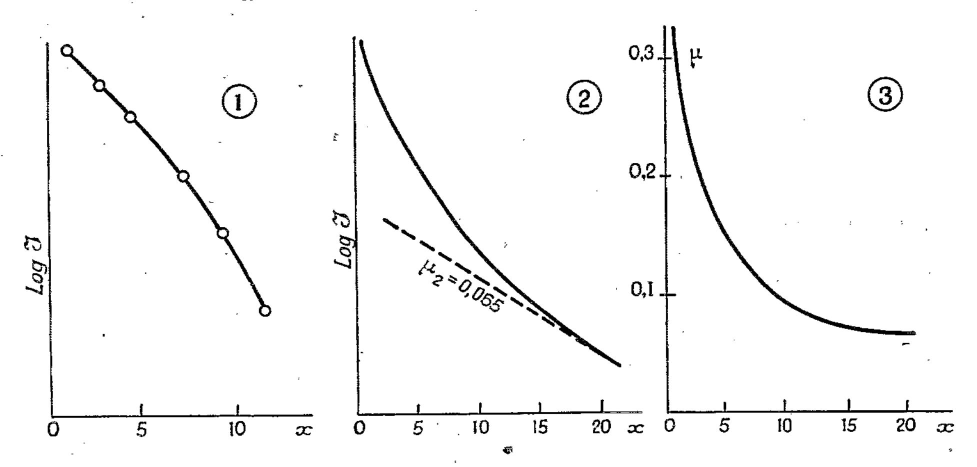
siologique éventuel ne peut intervenir, ici encore, qu'en facilitant les mesures sur les clichés.

Enfin, il faut conclure que, dans ces divers domaines, des mesures précises d'intensités sont tout à fait nécessaires.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'affaiblissement de la radiation nucléaire du glucinium dans les écrans matériels.* Note de MM. **J. Thibaud** et **F. Dupré la Tour**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous sommes en mesure de compléter nos précédentes indications [1] sur l'extinction subie par un faisceau de neutrons en traversant la matière. Nous comptons toujours le nombre et le pouvoir ionisant des noyaux atomiques projetés par effet Curie-Joliot sous l'action des neutrons d'une source glucinium + émanation. La chambre d'ionisation, remplie d'air et garnie de paraffine, est de dimensions réduites (diamètre 2^{cm}) et donne un minimum de décharges spontanées.

1. *Rôle de la diffusion.* — L'influence du dispositif expérimental sur



l'allure des courbes d'extinction des neutrons reçus dans la chambre est considérable : en utilisant des écrans absorbants (plomb) de section droite importante, c'est-à-dire en irradiant la matière sous une grande ouverture, les courbes logarithmiques deviennent concaves vers Ox (*fig.* 1) tandis qu'elles se trouvent normalement convexes vers Ox (*fig.* 2), comme nous

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1647.

l'avons précédemment indiqué, pour les faisceaux d'ouverture faible. Ceci résulte, à notre avis, d'un important effet de diffusion déjà signalé [1], la radiation diffusée dans les parties latérales de l'écran faussant les mesures d'absorption, comme cela se passe, en moins considérable, dans le cas du rayonnement gamma [2]. Nous pensons que les neutrons les moins pénétrants sont les plus fortement diffusés, les changements d'allure des courbes d'extinction en fonction de l'ouverture étant surtout appréciables dans les premiers centimètres de matière interposée.

2. *Coefficient moyen du plomb*. — Les indications des courbes logarithmiques, en ce qui concerne le coefficient d'extinction μ, n'ont donc de signification que pour les faisceaux de petite ouverture : nous avons opéré avec des cylindres absorbants étroits ($2^{cm},5$ à 3^{cm}) et une distance importante entre source et compteur (25 à 35^{cm}).

L'extinction subie par le faisceau pénétrant dans le compteur, entre 1 et 20^{cm} de plomb interposé, est différente selon que nous considérons des atomes projetés, à faible ou à grand pouvoir ionisant : 1° Pour les atomes de recul donnant de 8000 à 10000 paires d'ions dans la chambre de 2^{cm} de longueur (ce sont, en majeure partie, les protons de choc issus de la paraffine) la courbe logarithmique présente une forme hyperbolique (*fig.* 2), permettant de tracer $\bar{\mu} = f(x)$ (*fig.* 3) ($\bar{\mu}$ = coefficient moyen, radiations hétérogènes). La détermination est assez bonne entre $x = 1$ et $x = 9^{cm}$ de plomb, elle est moins sûre ensuite :

x (cm Pb).........	1.	3.	5.	7.	9.	13.	19.
$\bar{\mu}$.................	0,3	0,2	0,15	0,12	0,10	0,075	0,065 ?

L'expression analytique se rapproche de $\mu x^{\frac{1}{2}} = 0,3$. On peut chercher une interprétation de ces faits de deux manières :

a. Admettre l'existence d'un spectre continu de vitesses pour les neutrons excités par l'émanation. Un effet de filtration important interviendrait dans l'épaisseur de l'écran, où la diffusion jouerait un rôle prépondérant : pour chaque épaisseur x une certaine composante, de coefficient μ_x, se trouverait avantagée, d'où la forme de la fonction $\bar{\mu}(x)$.

b. Admettre seulement, dans la radiation primaire, deux composantes principales de coefficients respectifs μ_1 et μ_2. L'application du calcul à la courbe logarithmique, en adoptant la valeur limite $\mu_2 = 0,065$ pour la com-

---

(1) M. de Broglie et L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1616.

(2) Voir par exemple F. Kohlrausch, *Probleme der γ-Strahlung* (Vieweg), p. 102.

posante pénétrante, conduit à attribuer $\mu_1 = 0,40$ à la composante molle.

Il est difficile, actuellement, de décider entre ces deux alternatives.

2° Au contraire, en ce qui concerne les particules, moins nombreuses, à grand pouvoir ionisant (plus de 22000 paires d'ions dans la chambre; ce sont les noyaux d'azote projetés et les particules de transmutation observées par Feather), leur nombre demeure *constant* au moins jusqu'à des épaisseurs de 7 à 8^{cm} de plomb (1). Il semble qu'au delà, sans que nous puissions être affirmatif (difficulté des mesures), le nombre en décroisse rapidement. L'interprétation doit en être réservée jusqu'à de nouvelles expériences.

3. *Autres éléments.* — Les résultats concernent les atomes de recul de 10000 paires d'ions; les écrans interposés sont des cylindres de $2^{cm},5$ de diamètre. Pour le *mercure* la courbe logarithmique est analogue à celle obtenue pour le plomb. Pour les éléments moyens ou légers, et *sans* filtration préalable dans le plomb, les courbes se rapprochent de droites, de sorte que la comparaison avec les résultats d'éléments lourds devient difficile. Toutefois le rapprochement des coefficients atomiques $\mu_{at.}$ obtenus pour des écrans renfermant le même nombre d'atomes, n'indique qu'une variation faible avec le nombre atomique (observations sur l'étain, le fer, le soufre et l'aluminium).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des teneurs élevées en silicium sur certaines propriétés des fontes.* Note (2) de M. **Auguste Le Thomas**, présentée par M. Léon Guillet.

Les expériences que nous allons décrire ont eu pour but de préciser l'influence de taux croissants de silicium, de 1 à 10 pour 100 environ, sur certaines propriétés des fontes, notamment en vue de l'emploi pour la fabrication de pièces destinées à subir l'action des températures élevées.

Les échantillons destinés aux essais étaient des plaquettes carrées ayant les dimensions suivantes : $100 \times 100 \times 8^{mm}$; elles avaient été moulées en sable vert et l'on y avait découpé les fragments nécessaires à l'étude dilatométrique, la micrographie, la mesure de la dureté Brinell, l'analyse chimique.

---

(1) Cette constance se maintiendrait jusqu'à 10^{cm} dans le mercure.

(2) Séance du 10 octobre 1932.

La fusion était opérée dans un four à creuset, chauffé à l'huile; l'élévation progressive de la teneur en silicium du bain dans lequel on prélevait les quantités de fonte nécessaires pour la coulée des plaquettes était obtenue par des additions successives de silicium pratiquement pur (99 pour 100 Si).

Le tableau précise les teneurs en silicium des divers échantillons. La teneur en carbone, qui avait été fixée à 3,0 pour 100 environ pour les échantillons contenant relativement peu de silicium, s'abaisse progressivement lorsque le taux du silicium s'élève; cette diminution de la solubilité du carbone du fait de l'augmentation du silicium est déjà connue. Les teneurs des autres éléments sont les suivantes : Mn = 0,4 pour 100, S = 0,01 pour 100, P = 0,1 pour 100 environ.

La teneur en carbone combiné diminue régulièrement lorsque le taux du silicium s'élève; au-dessus de 7,5 pour 100 de silicium environ, la structure est constituée presque exclusivement de ferrite et de graphite. La dureté Brinell diminue d'abord lorsque le silicium augmente, du fait de la disparition progressive de la perlite; elle augmente ensuite du fait de la dissolution de quantités croissantes de silicium dans la ferrite (tableau).

Des mesures dilatométriques ont été effectuées en utilisant le dilatomètre différentiel de Chévenard; le chauffage et le refroidissement étaient gouvernés par un régulateur suivant une loi invariable d'une épreuve à l'autre, la température de graphitisation prenant des valeurs différentes selon la vitesse de chauffe : on montait de 20° à 1030° en 3 heures et quart et l'on descendait de 1030° à 20° en 3 heures.

La température de la transformation Ac se relève d'une façon à peu près proportionnelle à l'augmentation du taux du silicium (environ 45° C. pour 1 pour 100 de silicium); Ar s'élève également mais selon une loi un peu différente, l'écart entre Ac et Ar s'atténuant au fur et à mesure que la teneur en silicium augmente (tableau).

Pour les teneurs relativement basses en silicium, de l'ordre de 1 à 3 pour 100, l'augmentation du taux de cet élément détermine une diminution très sensible de la température de graphitisation (environ 900° pour Si = 1 pour 100 et 730° pour Si = 3 pour 100); la graphitisation est relativement lente. Entre 3 et 5 pour 100 de silicium, la température de graphitisation passe par un minimum de l'ordre de 700°; l'allure du phénomène reste relativement lente. Au-dessus de 5 pour 100 et jusqu'à 7 pour 100 de silicium, on trouve des valeurs peu régulières de la température de graphitisation, avec dans l'ensemble un léger relèvement; le phénomène devient à la fois plus franc et moins ample. Au-dessus de 7 pour 100

de silicium, le diagramme dilatométrique ne révèle aucune graphitisation (tableau).

TABLEAU.

Nos.	Teneurs en silicium pour 100.	Teneurs en carbone total pour 100.	Teneurs en carbone combiné pour 100.	Duretés Brinell (*).	Températures des transformations Ac.	Températures des transformations Ar.	Températures de graphitisation.
1......	1,13	2,99	0,72	213	775	690	900
2......	1,68	2,86	0,68	221	785	705	770
3......	1,88	2,82	0,66	n. d.	800	710	760
4......	2,01	2,82	0,66	217	805	710	735
5......	2,26	2,79	0,58	220	820	720	725
6......	2,39	3,07	0,58	217	825	725	730
7......	2,47	2,77	0,62	215	830	725	700
8......	2,68	2,80	0,61	211	835	735	760
9......	2,82	2,72	0,59	210	835	710	720
10......	3,05	2,74	0,58	n. d.	860	750	735
11......	3,52	3,05	0,58	187	875	770	690
12......	4,89	2,85	0,29	146	940	850	700
13......	5,18	2,78	0,32	171	950	880	720
14......	5,68	2,87	0,34	171	975	925	760
15......	6,16	2,71	0,33	159	1000	960	770
16......	7,05	2,58	0,21	163	1030	1000	760
17......	7,47	2,43	0,17	n. d.	rien au-dessous de 1030°		
18......	8,46	2,26	0,13	154	»		
19......	8,93	2,28	0,08	201	»		
20......	10,43	1,89	0,05	207	»		

(*) Charge 1000kg. Bille de 10mm.

A. Portevin et P. Chévenard ont antérieurement étudié l'influence du silicium sur la température de graphitisation de fontes contenant jusqu'à 6 pour 100 de silicium, exemptes de manganèse et coulées sous forme de baguettes minces en coquille [1]; les températures déduites de nos déterminations sont plus élevées (d'environ 70° à 130°). Cela tient à l'influence très importante de la structure initiale de l'échantillon soumis à l'essai [2] : plus cette structure est éloignée de celle qui correspondrait à l'équilibre stable, plus la température de graphitisation est basse.

Nos expériences ont confirmé l'observation déjà faite par Pearce [3] que

(1) *Bulletin de l'Association technique de fonderie*, **1**, mai 1928, p. 129.
(2) A. Le Thomas, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 639.
(3) *Foundry Trade Journal*, **45**, 9 juillet 1931, p. 21.

la corrosion superficielle du fait du séjour dans l'air à haute température devenait d'autant plus faible que la teneur en silicium était élevée. Elles justifient aussi l'intérêt qu'on porte aux fontes à haute teneur en silicium (7 à 10 pour 100 environ) pour la fabrication des pièces destinées à subir l'action du feu.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'oxydation des solutions d'iodoforme.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Guy Emschwiller**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il est connu que les solutions d'iodoforme subissent sous l'action de la lumière du jour une oxydation rapide, avec production d'iode, d'oxyde de carbone et d'un peu d'anhydride carbonique; elles demeurent par contre inaltérées dans l'obscurité à la température ordinaire. Mais, si ces solutions ont déjà subi une oxydation photochimique partielle, elles sont susceptibles de continuer à se décomposer lorsqu'on les porte dans l'obscurité, tout au moins dans certains solvants. Ces faits n'avaient pas reçu d'explication, et l'on ne possédait, pour oxyder à l'air les solutions d'iodoforme dans l'obscurité, d'autre moyen que de les soumettre à un éclairement préalable. Nous avons réussi à déterminer les produits de l'oxydation photochimique qui provoquent l'altération consécutive dans l'obscurité, et à réaliser par suite l'oxydation de solutions n'ayant jamais été exposées à la lumière.

Nous avons en effet reconnu que :

1° L'oxydation photochimique des solutions d'iodoforme produit, à côté de quantités importantes d'iode, de petites quantités d'acide iodhydrique; ainsi, après 50 minutes au jour, par temps couvert, 1^{g} d'iodoforme, dissous dans 200^{cm^3} de benzine pure pour cryoscopie, a abandonné 38 pour 100 de son iode sous forme d'iode libre et 0,7 pour 100 sous forme d'acide iodhydrique;

2° Tandis que ni l'iode seul, ni l'acide iodhydrique seul, n'exercent une action quelconque, il suffit d'ajouter à une solution benzénique d'iodoforme, préparée et conservée dans l'obscurité, à la fois de petites quantités d'iode et d'acide iodhydrique pour qu'apparaisse une décomposition d'allure très comparable à celle des oxydations après éclairement [1].

[1] Pour des additions trop faibles d'acide ou d'iode, on n'observe après un mois aucune oxydation; de même les solutions benzéniques qui ont subi une oxydation photochimique trop faible ne peuvent continuer à s'oxyder dans l'obscurité.

Voici, par exemple, les taux de décomposition, dus à l'oxydation dans l'obscurité : *a*, d'une solution benzénique d'iodoforme à 5g par litre, dont 24 pour 100 avaient déjà été oxydés sous l'action de la lumière ; *b*, d'une solution de même concentration à laquelle on avait ajouté 140mg d'iode et 1cm³ de solution aqueuse iodhydrique 0,45 N :

Temps (heures)		43.	97.	243.	1450.
Taux de décomposition (pour 100)	*a*	15,4	20,5	25,5	37,5
	b	11,1	21,1	30,9	50,9

Il apparaît donc que c'est à la présence simultanée de l'iode et de l'acide iodhydrique formés au cours de l'oxydation photochimique qu'il convient d'attribuer l'oxydation ultérieure dans l'obscurité. On peut d'ailleurs à l'acide iodhydrique substituer d'autres acides minéraux (chlorhydrique, sulfurique, phosphorique); par contre l'acide acétique est inactif.

Nous avons étudié la marche de l'oxydation à l'air de solutions benzéniques d'iodoforme, conservées dans une chambre noire et additionnées d'acide chlorhydrique et d'iode. Le phénomène ne se déclenche pas immédiatement après l'introduction de ces réactifs; on observe des retards pouvant varier suivant les conditions expérimentales, entre quelques minutes et plusieurs jours; nous croyons pouvoir les attribuer à la présence de traces d'impuretés dans le solvant. Après la fin de cette période d'induction, l'oxydation se poursuit avec une vitesse proportionnelle à la concentration en iodoforme, d'autant plus grande que la proportion d'acide est plus élevée et la proportion d'iode plus faible ([1]). Il convient de noter que les facteurs qui augmentent la vitesse d'oxydation diminuent en général la période d'induction.

Influence de la quantité d'acide. — Voici les variations avec le temps des taux de décomposition (pour 100) de solutions de 1g d'iodoforme dans 200cm³ de benzine, auxquelles on a ajouté 63mg d'iode et une goutte de solution aqueuse chlorhydrique de concentration variable :

Temps (heures).	Concentration de la goutte chlorhydrique. 0,29 N/10.	1,07 N/10.	0,34 N.	1,07 N.	6,8 N.	12 N.
22	0	0	7,5	10,6	18,7	–
46	0	2,1	14,5	16,1	36	47,9
76	0	13,1	17,3	20,5	44,4	59,2
118	0	17	19,3	25,4	54,2	68
220	0	20,3	22,2	32,4	64,1	78,3
412	0	23	24,8	39	74	85,1

([1]) Ce mode d'action de l'iode permet de comprendre le ralentissement des oxydations avec le temps et aussi le fait que des solutions qui ont subi une oxydation photochimique importante s'oxydent moins vite dans l'obscurité que des solutions éclairées moins longtemps.

Influence de la quantité d'iode. — Voici les variations avec le temps des taux de décomposition (pour 100) de solutions de 1g d'iodoforme dans 200cm³ de benzine, auxquelles on a ajouté une goutte de solution aqueuse chlorhydrique de densité 1,19 et des quantités variables d'iode :

Temps (heures).	Quantité d'iode (en milligrammes).						
	8.	16.	32.	64.	143.	322.	750.
17	0	0	0	6,4	21,2	0,5	0
46	0	0	41	46	45,5	29,4	3,4
90	0	53,6	57,2	61,5	58,3	48,6	23,4
430	0	80	82,2	85,2	81,8	77,1	61,5

On retrouve pour l'oxydation provoquée par addition d'iode et d'acide la même influence considérable de la nature du solvant déjà observée pour les décompositions après éclairement. Il y a oxydation dans le benzène, l'hexane, le tétrachlorure de carbone, l'acétone [1]; par contre aucune oxydation ne se manifeste dans l'éther, le sulfure de carbone, le toluène. La présence d'impuretés dans le solvant exerce une action manifeste; aucune oxydation ne s'est en effet produite parfois dans la benzine, et divers échantillons de tétrachlorure de carbone se sont comportés de manières très différentes. Du reste l'introduction de très petites quantités de certains corps (phénol ou hydroquinone en particulier) ralentit ou supprime l'oxydation.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Action des milieux à réaction alcaline sur la cristallisation des aluminates de chaux et sur la prise des ciments alumineux.* Note de M. **Seailles**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La prise et le durcissement des ciments alumineux en présence de chaux, même en faible quantité, donnent lieu à des phénomènes anormaux bien connus.

La *prise* devient extrêmement rapide, à tel point que le gâchage est parfois pratiquement impossible.

Le *durcissement* est généralement médiocre, les produits obtenus restent de qualité très inférieure et sont même souvent complètement inutilisables. C'est pour cette raison que l'on ne peut mélanger sans inconvénient les ciments Portland avec les ciments alumineux.

D'autre part, des ciments alumineux qui contiennent accidentellement

(1) Le phénomène est alors troublé par la réaction secondaire de l'iode sur l'acétone.

des quantités de chaux libre et *soluble*, inférieure à un demi pour 100, deviennent, de ce seul fait, et en l'absence de tout phénomène de gonflement (puisqu'il s'agit de chaux soluble) tout à fait défectueux. Cette chaux libre peut provenir, suivant le procédé de fabrication utilisé, soit d'une insuffisance de cuisson (clinkerisation), soit d'irrégularité accidentelle du lit de fusion (waterjacket), soit enfin de formation accidentelle de carbure de calcium (four électrique).

Aucune explication satisfaisante de l'action de la chaux libre et soluble sur les propriétés des ciments alumineux n'a été jusqu'à présent donnée, car la constatation faite par Lafuma (Thèse, 1925) que cette chaux libre entraîne la formation de l'aluminate tétracalcique de Le Chatelier au cours de la prise ne permet pas de comprendre pourquoi et comment la formation de ce composé à partir de l'aluminate anhydre trouble tous les phénomènes ultérieurs même lorsque la chaux n'est qu'en faible quantité, quantité qui devrait être rapidement fixée et éliminée par la réaction initiale :

$$Al^2O^3CaO + 3CaO + nH^2O = Al^2O^3.4CaO.12H^2O + nH^2O,$$

surtout si l'on admet que l'aluminate anhydre s'hydrate *directement* sans passer en solution et en fixant par conséquent la chaux.

Pour éclaircir la question, j'ai d'abord étudié les conditions de la cristallisation des aluminates de chaux en solution et j'ai constaté que la cristallisation de ces aluminates est fonction non seulement de l'indice pH déterminé par la chaux en solution comme l'ont démontré Travers et Sehnoutka et Lansing Wells (*Annales de Chimie*, mars 1930; *Bureau of Standards*, *Journal of Research*, décembre 1928) mais plus généralement qu'elle est fonction de l'indice pH, quelle que soit la nature de la base qui le détermine. Autrement dit, l'alumine et la chaux en solution forment les aluminates correspondants

$$Al^2O^3.3CaO.nH^2O \quad \text{ou} \quad Al^2O^3.4CaO.12H^2O$$

suivant que le pH est inférieur ou supérieur à 12 et ceci quelle que soit la cause de l'augmentation du pH, *l'action de* CaO *n'étant pas spécifique*.

On aura à cet égard une démonstration très simple en reprenant l'expérience de Le Chatelier où l'on obtient un précipité soyeux et caractéristique d'aluminate tétracalcique lorsque l'on mélange une dissolution d'aluminate de chaux anhydre à un volume égal d'eau de chaux (Le Chatelier, *Thèse*, 1887, et *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, p. 58).

La substitution d'une solution de soude ou de potasse à la solution de chaux donne un résultat identique et une précipitation *immédiate*.

Dans ces conditions la réaction peut s'écrire, en négligeant la formation d'aluminate de soude,

$$4(Al^2O^3CaO) + NaOH + nH^2O = Al^2O^3.4CaO.12H^2O + 3(Al^2O^3.3H^2O) + NaOH + nH^2O.$$

Dans le cas de la chaux, la même réaction s'écrit :

$$4(Al^2O^3CaO) + CaO + nH^2O = Al^2O^3.4CaO.12H^2O + 3(Al^2O^3.3H^2O) + Ca(OH^2) + nH^2O.$$

Le mécanisme de la prise serait alors le suivant : en milieu alcalin de pH supérieur à 12 c'est l'aluminate tétracalcique qui se forme comme l'a constaté Lafuma, ce sel précipite aux dépens de l'aluminate anhydre dissous avec dépôt d'alumine libre, la chaux n'agit pas quantitativement mais seulement pour déterminer l'alcalinité initiale du milieu, alcalinité qui se maintient ensuite automatiquement non pas sans doute de façon stable, mais pendant un temps suffisant pour troubler profondément les phénomènes de prise et de durcissement en raison de la rapidité de la réaction alors que la combinaison de $CaO + Al^2O^3$ est un phénomène lent (Travers et Sehnoutka, *loc. cit.*, p. 272). D'autre part, la faible résistance s'explique facilement, non pas par une hydratation sans mise en solution préalable comme le suppose Lafuma, mais par ce fait que la solution n'a pas le temps de se sursaturer et de recristalliser en cristaux développés : l'aluminate passe bien en solution mais il précipite aussitôt comme dans l'expérience de Le Chatelier en milieu de pH 12. Il est dès lors normal d'avoir une résistance très médiocre.

Enfin ce n'est pas parce que le gâchage détruit la cristallisation que la résistance est mauvaise, car si l'on hydrate en place le ciment mêlé de chaux, gâché à sec et pilonné préalablement, les résultats restent tout à fait médiocres.

En résumé l'indice pH qui définit l'alcalinité du milieu est d'une importance capitale, puisqu'il détermine la forme et la nature des aluminates de chaux hydratés qui se forment à partir des aluminates anhydres; cette alcalinité provoque les mêmes phénomènes, *quelle que soit la base qui en est la cause*, et cette constatation permet de comprendre par analogie le mécanisme et la raison des anomalies que provoque la présence de chaux dans les ciments alumineux.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Influence de l'oxygène sur la dégradation des solutions de caoutchouc.* Note de MM. **Paul Bary** et **Émile Fleurent**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les travaux de M. H. Staudinger, de MM. Dufraisse et Drisch et de quelques autres ont attiré l'attention sur l'effet considérable que produit l'oxygène sur la rigidité du caoutchouc et sur la viscosité de ses solutions.

Dans nos Notes précédentes [1] nous avons montré que la dégradation des solutions de caoutchouc dans divers solvants, à différentes températures et concentrations, tendaient toutes en présence d'oxygène, même en très faibles proportions, vers une viscosité limite du même ordre de grandeur que celle du solvant employé.

Nous avons entrepris une nouvelle série d'expériences faites sur plusieurs solutions de caoutchouc de plantation, en crêpes fumées, dans le xylène à différentes concentrations. On opérait en tubes scellés sous le vide prolongé. Pour chaque concentration et chaque température de l'étuve, on préparait 10 tubes scellés qui étaient placés ensemble, soit à la température de 44°, soit à celle de 92° C. Après des durées de chauffage plus ou moins longues, on prenait un tube de chaque série qu'on laissait revenir à 20° et l'on en déterminait la vitesse d'écoulement à travers un tube capillaire; le rapport du temps d'écoulement de la solution à celui du solvant pur était considéré comme la viscosité relative.

On observe dans ces conditions que la dégradation du caoutchouc en solution ne tend plus, comme nous l'avions observé précédemment en présence d'oxygène, vers une limite correspondant à la viscosité relative égale à l'unité, mais vers une dégradation limite d'autant plus avancée que la solution de caoutchouc est plus concentrée et que la température constante du chauffage est plus basse.

Cette longue série d'expériences a montré à nouveau l'influence considérable de traces d'oxygène qui, dans certains cas et malgré les grandes précautions prises pour les éviter, ont obligé à écarter bien des tubes pour lesquels les valeurs de la viscosité étaient beaucoup plus faibles que celles qu'on avait obtenues pour des durées de chauffage plus grandes. Ces résultats nous ont conduit à éliminer un certain nombre de déterminations et, étant donné que pour chaque série nous n'avions au total que dix mesures

---

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 946; **193**, 1931, p. 852.

à des temps différents, les douze séries entreprises, mais non encore totalement terminées, ont laissé moins de résultats définitifs qu'on ne l'espérait.

De ceux-ci nous pouvons cependant tirer quelques conclusions. La courbe de dégradation en fonction du temps peut encore s'exprimer, dans chaque cas, par une loi hyperbolique telle que

$$\eta - \eta_\infty = \frac{A}{t+\theta},$$

dans laquelle η est la viscosité relative au temps t, η_∞ la viscosité limite, A et θ des constantes. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de η_∞, A et θ permettant de trouver par le calcul les valeurs observées pour η avec des écarts du même ordre que les erreurs d'expérience.

Température.	Concentration (pour 100).	A.	θ.	η_∞.
44°	3,0	124000	1150	100,0
	2,0	29400	282	34,9
	1,5	64170	2750	7,9
92°	3,0	7380	33,1	10,9
	2,0	2595	167,0	4,8

Les valeurs de η_∞ ainsi trouvées, dans des chauffages poursuivis à 44° pendant 5700 heures et à 92° pendant 4000 heures, font ressortir que la limite vers laquelle tend la dégradation correspond à une viscosité d'autant plus faible que la solution est moins concentrée et que la température est plus haute. Cette limite, qui a lieu pour $\eta_\infty = 1$ en présence d'oxygène, est atteinte beaucoup plus rapidement dans ce dernier cas.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'un grand Crocodilien dans la molasse glauconieuse miocène d'El Kanséra (Prérif marocain) et sa signification stratigraphique.* Note (¹) de M. **Jacques Bourcart.**

La colline d'El Kanséra, traversée en gorge par l'Oued Beht, est formée par une lame liasique chevauchant un petit anticlinal pliensbachien, un dernier anticlinal, pliensbachien également, le Djebel Djebil, se trouve un peu plus à l'Ouest. Les uns et les autres sont recouverts par une molasse à ciment calcaire, très riche en grains de glauconie.

(¹) Séance du 3 octobre 1932.

Celle-ci repose directement, sans conglomérat de base, sur le Domérien supérieur de la lame chevauchante et sur le Pliensbachien de l'anticlinal chevauché. Au Djebel Djebil, au contraire, la base de la molasse est formée par un grès très dur, composé de granules de quartz gros comme des petits pois. Elle repose parfois [1] sur des marnes rouges aquitaniennes à *Leucochroa*.

A la partie supérieure, la molasse d'El Kanséra, comme celle de toutes les rides prérifaines, passe à des « marnes blanches » qui sont l'équivalent du *schlier* viennois. Il faut donc attribuer au Burdigalien les molasses vertes sous-jacentes.

Ces molasses contiennent des fossiles à deux niveaux : à la base et dans la zone de passage aux marnes blanches.

A la base, j'ai recueilli des dents de *Carcharodon megalodon*, de grands individus de *Flabellipecten incrassatus* Partsch, un Clypéastre voisin de *Cl. altus* et *Hypsoclypeus doma* Pomel.

Dans la région de passage aux marnes blanches j'ai récolté : *Fl. burdigalensis* Lk, *Fl. incrassatus* Partsch (de grande taille), *Fl. Ficheuri* Brives (in Dep. et Rom.) var. *Pouyannei* Br., *Amussium badense* Font., *Chlamys pavonacea* Font. et de très nombreuses dents de *Carcharodon*, *Oxyrhina* et de Raies. Au milieu de cette faune, à la carrière de la cote 250, j'ai en outre recueilli des ossements d'un grand Crocodilien : une vertèbre biplane, divers fragments des os des membres, du rostre (?) et une dent.

Ces pièces présentent une extraordinaire analogie avec celles de *Dyrosaurus phosphaticus* (Ph. Thomas) qui se trouvent dans les collections de l'Institut scientifique chérifien et avec celles de Gafsa figurées par A. Thévenin dans son Mémoire fondamental [2]. L'étude que j'espère en faire ultérieurement me montrera s'il s'agit d'ossements appartenant vraiment à un *Dyrosaurus* ou à un genre voisin. Il n'en reste pas moins intéressant de noter qu'un grand Crocodilien, à vertèbres platycœles de type secondaire, a persisté au Maroc, non seulement jusqu'au début du Tertiaire [3] mais jusqu'au Miocène.

Mais cette trouvaille offre un intérêt d'un autre ordre, en ce sens qu'elle nous conduit à comparer, au point de vue du milieu où elle est formée, la

---

(1) F. DAGUIN, *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine*, Thèse, Paris 1927, p. 301.

(2) *Le* Dyrosaurus *des Phosphates de Tunisie* (*Ann. Paléont.*, 6, 1911, p. 95-108).

(3) *Bull. Soc. géol. de France*, 18, 1918, p. 164.

molasse burdigalienne du Prérif avec les diverses formations à phosphate du Maroc et surtout avec le Thanétien phosphaté et glauconieux que Louis Gentil a décrit de la trouée de Taza. Cette comparaison est légitimée du fait que les molasses burdigaliennes et même la base des « marnes blanches » contiennent des concrétions ou des grains de phosphate. La proportion, dans certains échantillons de Bab Tizra, peut aller jusqu'à 4 pour 100 (BEAUGÉ *in* DAGUIN, *op. cit.*, p. 315). Il y a donc lieu de penser que la molasse burdigalienne s'est formée dans une sorte de lagune très abritée.

Quelles peuvent être les limites de cette lagune? La molasse verte couvre toutes les rides prérifaines jusqu'au Zalar' de Fez. Les points les plus septentrionaux où elle a été observée sont la Kelaa des Sless et le Djebel Messâoud, le long de l'Ouerr'a (L. GENTIL, *op. cit.*, p. 160). A l'Ouest, un sondage entrepris à Si Allal Tazi a rencontré des grès glauconieux, qui en sont très probablement l'équivalent, à une profondeur de 200^{m} [1].

Dans le R'arb septentrional et les Djebalas, cette formation manque complètement; c'est par erreur que les grès roux vindoboniens du R'arb ont été attribués au Burdigalien. Dans les Djebalas, et probablement dans toute la partie méridionale du Rif, cet étage est représenté par des grès ou calcaires à Myogypsines, *Eulepidina elephantina*, Amphistégines, etc., qui font partie d'une épaisse série, uniforme, de dépôts marins oligocènes et aquitaniens [2] analogues aux formations de cet âge d'Andalousie, du Piémont et même des Iles de la Sonde.

Plus au Nord, dans les Andjéras, le Burdigalien manque complètement; le Vindobonien à *Cardita Jouanneti* est transgressif sur l'*Arenisca del Aljibe*, formation continentale qui termine l'Oligocène.

A l'Est, il a été reconnu sur le bord méridional du Détroit de Taza, mais il s'y montre avec un faciès beaucoup plus détritique qui évoque davantage un littoral. C'est donc probablement de ce côté qu'il faut chercher la communication de notre lagune avec la mer ouverte.

Il en résulte qu'on peut ainsi reconstruire la géographie burdigalienne du Maroc : au Nord, un massif émergé (Massif bético-rifain); puis, sur l'emplacement du Rif méridional, les dépôts de la Téthys; enfin, séparée de celle-ci par un haut fond, une lagune, sur l'emplacement actuel des guirlandes prérifaines, qui communiquait à l'Est avec la mer libre, le Moyen-Atlas et la Meseta restant émergés.

---

(1) Assimilés au « grès du Zerhoun » (Jurassico-Crétacé) par M. P. Russo (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1253) et qu'il a reconnus depuis être du Miocène (*com. verbale*).

(2) JACQUES BOURCART et ELISABETH DAVID, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1358.

HYDROLOGIE. — *Action de l'iode sur les eaux marines.*
Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

Ayant eu l'occasion de nous assurer de la présence constante et relativement abondante, quoique méconnue, d'iode ionisé (iodures) et d'ion iodique, à l'exclusion, pratiquement complète, d'iode organique (moins de $0^{mg},3$ par litre) dans l'eau intervalvaire des huîtres dites *superiodées*, ainsi que dans les eaux marines soumises à l'action de cet halogène (*sérums marins enrichis en iode*), nous avons cherché le mécanisme de la production, dans ces liquides, de ces deux formes d'iode minéral.

A titre documentaire, nous donnerons d'abord (exprimés en milligrammes par litre) quelques résultats analytiques, touchant ces liquides superiodés, en représentant par I(IM) l'iode ionisé du type iodure (¹) et, par IO^3, l'iode à l'état d'ion iodique :

	Eaux marines dites *superiodées*.					Eaux intervalvaires d'huîtres dites *superiodées*.			
	A.	B.	C.	D.	E.	1. (4-11-31)	2. (16-11-31)	3. (15-7-32)	4. (5-10-32)
Iode libre..........	17	0	0	0	0	0	0	0	0
I(IM)..............	127	76	30	135	139,5	99	81	120	64
$I(IO^3)$..............	1	4	6	0,5	0,5	1	9	0,5	6
I total..............	145	80	36	135,5	140	100	90	120	70
I organique.........	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Il résulte des chiffres ci-dessus : 1° que la teneur en iode total, *du reste exclusivement minéral*, de ces eaux, varie entre 36 et 145^{mg} par litre; 2° que tous ces échantillons contiennent de l'ion iodique (à iode libérable par SO^4H^2, en présence d'iodures); 3° que, seule, l'eau A, prélevée dans le bassin de traitement, avant décoloration complète, contenait de l'iode libre.

Pour connaître l'influence des divers constituants de l'eau de mer sur ces transformations de l'iode, nous avons étudié l'action plus ou moins prolongée de ce corps : 1° sur l'eau distillée; 2° sur une solution de ClNa à 30^g par litre; 3° sur des solutions de bicarbonate de calcium; 4° sur de

(¹) Bien que le fait ait été nié (ce qui paraît inexplicable vu la facilité de sa réalisation), *tous* ces liquides, additionnés d'une quantité suffisante d'ammoniaque, puis filtrés, fournissent avec NO^3Ag un trouble constant de IAg colloïdal, réaction caractéristique des iodures.

l'eau de mer. Enfin, nous avons examiné par quel mécanisme se décoloraient ces divers véhicules saturés d'iode lorsque, comme dans le traitement industriel, on les mettait en contact avec diverses matières organiques ou organisées (algues marines, huîtres, notamment).

L'eau distillée, ainsi traitée, renferme à l'état libre la presque totalité de l'iode dissous (de 175 à 300^{mg} par litre, suivant les cas); l'iode ionisé total est, en moyenne, de 10 à 15^{mg} par litre, en majeure partie sous forme de IM, avec 1 à 2^{mg} au plus à l'état iodique.

Il en est de même de l'eau chlorurée, mais avec majoration de l'iode libre, plus soluble dans cette eau que dans l'eau distillée.

Au contraire, avec l'eau bicarbonatée calcique, la quantité d'iode ionisé représente jusqu'aux 3/4 de l'iode libre, et cet iode ionisé est pour 5/6 sous forme d'iodure et pour 1/6 sous forme d'iodate.

Enfin, l'eau de mer se comporte comme l'eau bicarbonatée calcique et il n'est pas douteux qu'elle doit à ses constituants alcalino-terreux et non à ClNa ses propriétés d'ionisation vis-à-vis de l'iode.

Les eaux marines dites superiodées sont, industriellement, débarrassées de l'iode libre qu'elles renferment par un contact plus ou moins prolongé avec des algues et des huîtres.

Nous avons trouvé que cette action se produisait, dans le même sens, tant avec ces végétaux (et aussi des feuilles de plantes terrestres) qu'avec ces mollusques, les uns et les autres étant utilisés vivants ou ébouillantés et que *la vie n'était pour rien dans leur action*. Sous leur influence, une moitié de l'iode libre est retenue par l'être organisé et l'autre moitié reste dans le liquide sous la forme ionisée du type iodure, tout se passant comme dans la réaction

$$XH + 2I = XI + IH.$$

L'albumine d'œuf, cuite, produit d'identiques résultats.

Conclusions. — 1° Les eaux marines, mises en contact avec de l'iode, en dissolvent une partie et ionisent le reste en ion iodique (1/6) et ion I(5/6) comme dans l'action des alcalis sur ce métalloïde. Les bicarbonates alcalino-terreux sont, dans l'eau de mer, les agents de cette ionisation qui se produit suivant l'égalité

$$6I^2 + 6[(CO^3H)^2Ca] = (IO^3)^2Ca + 5I^2Ca + 6H^2O + 12CO^2.$$

Quant à l'iode resté simplement dissous, par un contact suffisant, des eaux marines qui le renferment, avec des algues ou des mollusques, il s'ionise en partie sous la forme IM et, en partie, se fixe sur le végétal ou

l'animal. Que ceux-ci soient vivants ou morts, la transformation finale est la même.

Les doses définitives d'ion iodique et d'iode-ion étant fonction de ces divers facteurs, de leur durée d'action et de la température, on explique ainsi les variations quantitatives de ces ions dans les chiffres cités plus haut,

2° Un autre enseignement se déduit de ces résultats, c'est que ClNa, prépondérant par sa masse dans les eaux marines, n'en est pas toujours le principe le plus actif. Parfois, il cède de beaucoup, sous ce rapport, aux éléments alcalino-terreux de ces eaux.

On ne doit donc pas considérer comme eau de mer artificielle, surtout dans des expériences comparatives, une simple solution aqueuse de ce sel, même au titre où il se trouve dans les eaux océaniques.

HYDROLOGIE. — *Les périodicités des crues et des étiages du Nil.* Note de M. **V. Frolow**, présentée par M. d'Ocagne.

Les auteurs arabes ont conservé (1) les cotes annuelles des plus hautes eaux et des étiages observées depuis l'an 621 au nilomètre de Rodah. Les séries ininterrompues vont jusqu'à 1433 pour les plus hautes eaux et jusqu'à 1284 pour les étiages. Ensuite les observations continues des crues n'ont été reprises qu'au XVIIIe siècle et celles des étiages à partir de 1838. La sincérité de ces séries a été contestée. Pourtant, analysés par la méthode Wallen (*fig.* 1) les graphiques des crues et des étiages se décomposent en variations de mêmes longueurs moyennes. Les crues et les étiages, deux phénomènes non identiques, accusent les mêmes périodicités. Ceci nous conduit à rejeter l'hypothèse d'un fait humain et y voir plutôt l'effet d'une loi naturelle régissant la variabilité du climat.

Les longueurs moyennes des périodes révélées par les séries de Rodah sont de 5 (2), 11, 23, 48 et de 225 années. Ces durées doivent être tenues pour des multiples et sous-multiples de la longueur de période des taches solaires (1/2, 1, 2, 4 et 20). La concordance absolue est ici impossible du fait de l'indivisibilité de l'unité des temps des graphiques qui est l'année, tandis que la durée moyenne de la période des taches solaires est supérieure à 11 années.

(1) Prince Omar Toussoun, *Mémoire sur l'histoire du Nil*, 2 (Le Caire, 1925).
(2) Indiquée déjà pour le Niger, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 973.

Nil a Rodah.

Fig. 1.

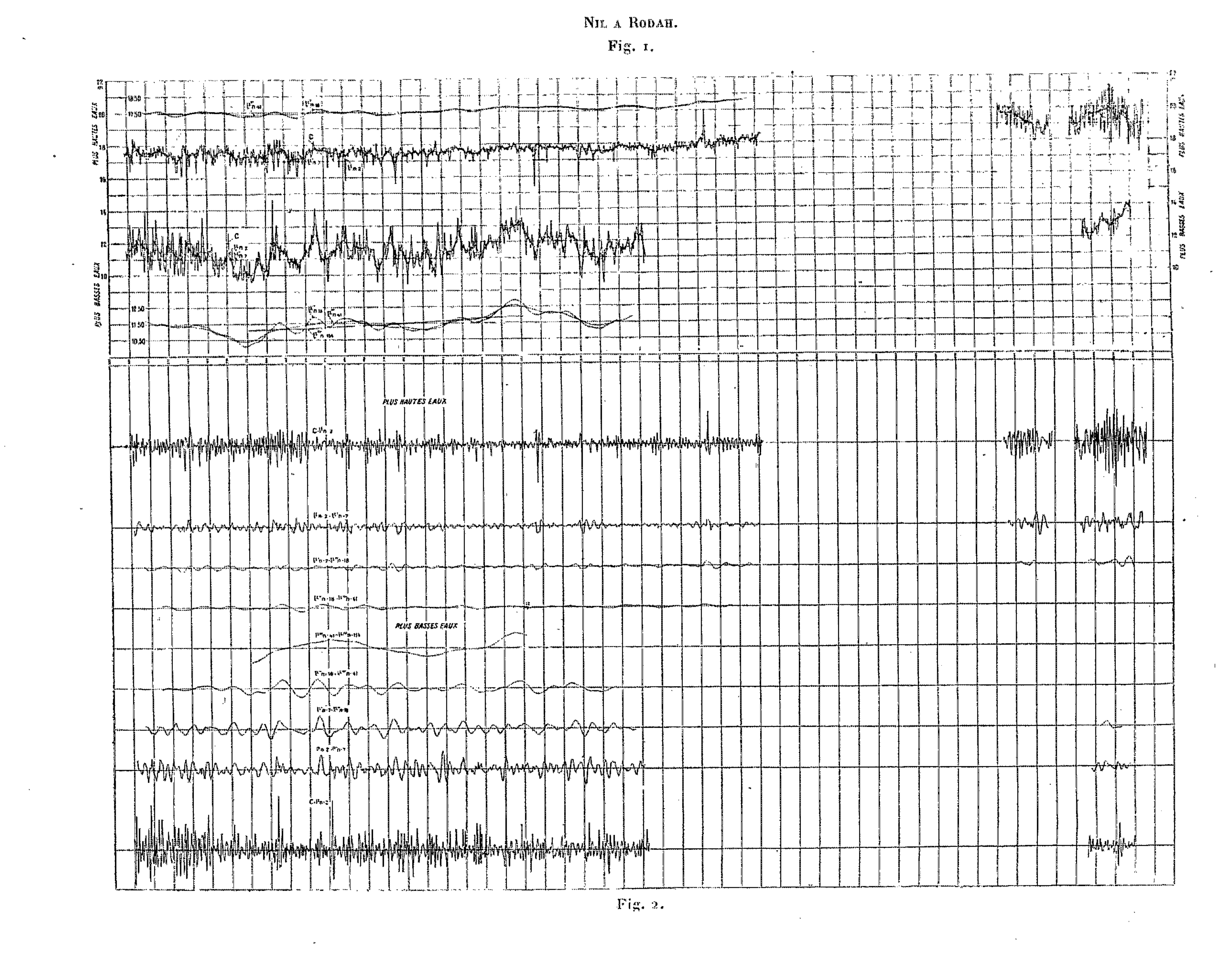


Fig. 2.

Les résultats énoncés permettent d'affirmer l'existence des oscillations limitées du climat de la zone équatoriale, mais montrent aussi que ses caractéristiques moyennes sont insuffisantes à elles seules à le définir.

L'amplitude des graphiques des plus hautes eaux est sensiblement moindre que celle des étiages. Ce fait est évidemment en relation avec la forme du lit, dont la section croît rapidement avec le remplissage. Ce lit étant affouillable et subissant le passage des bancs de sable, certaines discordances partielles entre les graphiques des plus hautes eaux et des étiages doivent être attribuées à l'instabilité du modèle du lit du Nil.

Il faut signaler spécialement le fait suivant, qui a trait à l'alluvionnement du fleuve. Les étiages, qui reflètent l'état du lit mineur, semblent osciller autour d'une droite unique. Par contre les plus hautes eaux, dont la cote dépend de l'état des berges du lit majeur, attestent aux environs de 1300 une accélération de leur élévation progressive. L'amplitude des plus hautes eaux est devenue, de plus, plus considérable dans les temps modernes. On peut y voir l'effet d'un encaissement plus prononcé du Nil. La vallée elle-même ou bien les digues doivent monter plus rapidement que le fond du lit de ce fleuve.

La valeur moyenne de surélévation des étiages est d'environ 16^{cm} par siècle. Celle des crues avant 1300 était d'environ 3^{cm} en un siècle. Elle a atteint ensuite 30^{cm} en un siècle.

Les graphiques indiquent qu'actuellement on peut attendre le retour des crues plus fortes, le minimum de la courbe de 225 années ayant dû avoir lieu vers 1900. Les barrages égyptiens ont ainsi permis l'irrigation normale de surfaces plus étendues qu'auparavant, même sous le régime des eaux peu abondantes. L'intervention des techniciens peut ainsi être appréciée à sa juste valeur.

CRYPTOGAMIE. — *Observations sur les Lichens des environs de Banyuls (Pyrénées-Orientales).* Note de M. **H. des Abbayes**, présentée par M. L. Mangin.

L'étude des Lichens du Massif Armoricain que je poursuis depuis une dizaine d'années m'a déjà permis de formuler plusieurs conclusions sur leur bionomie et leur écologie. Certaines comparaisons avec des régions de climat différent me paraissaient intéressantes. Dans ce but, j'ai rapidement étudié cette année les environs de Banyuls.

Les Lichens des Pyrénées-Orientales ont précédemment fait l'objet de deux études de Nylander (*Observata lichenologica in Pyr.* Orlibus. Caen (*Bull. Soc. Lin. de Normandie*, 2e série, 6, 1872); *Lichenes Pyr.* Orlium *observatis novis* (Paris, e typis Paul Schmidt, 1891); mais, dans ses travaux, les considérations écologiques manquent presque complètement et l'inventaire des espèces de la région est loin d'être terminé, comme le montre la découverte, en un espace restreint, d'une espèce inédite et de dix autres non encore signalées.

On peut répartir les localités que j'ai étudiées en trois groupes correspondant à des caractères écologiques différents.

I. *Basses collines autour de Banyuls* (*moins de* 300m *d'altitude*). — C'est le domaine de la Vigne, du Chêne-liège et de l'Olivier. Çà et là apparaît le maquis, coupé de rochers schisteux avec pointements de quartz. L'insolation est intense; le vent sec du NW (tramontane) y ajoute son effet desséchant; l'état hygrométrique moyen est d'environ 60 pour 100 (¹); nous sommes donc là sous l'influence d'un climat biologiquement sec, malgré des précipitations assez abondantes (705mm). La flore lichénique subit cette empreinte. D'une manière générale, la flore arboricole est pauvre; on remarque l'absence des *Usnea*, Lichens fruticuleux plus sensibles que les autres à la sécheresse et à l'effet mécanique du vent. Les *Parmelia* sont ici presque les seuls colonisateurs des troncs de Chênes-lièges et d'Oliviers. On y trouve les espèces ubiquistes : *P. trichotera* Hue, *caperata* Ach., *reticulata* Tayl., *sulcata* Tayl., *dubia* Schaer., et les espèces recherchant les stations éventées et lumineuses : *P. soredians* Nyl., *scortea* Ach., *carporhizans* Tayl., *tiliacea* Ach. Croissant en leur compagnie, existe une espèce que j'ai reconnue nouvelle : *Parmelia Duboscqi* n. sp.

La flore des Lichens saxicoles n'est pas beaucoup plus variée; parmi les foliacés, citons plus particulièrement *P. lusitana* Nyl. et *P. mougeotii* Schaer. qui est nouveau pour la région, mais y paraît très rare. Les Lichens crustacés se mêlent aux précédents et, parmi eux, *Pertusaria wulfenii* DC. var. *rupicola* Nyl. et *Dimelæna oreina* Ach., ce dernier presque exclusivement sur les rochers de quartz.

L'ensemble de cette flore a des affinités hypohygrophiles et héliophiles.

II. *Rochers des rives du torrent la Bailaory*. — En remontant son cours en

(¹) Pour les renseignements météorologiques concernant cette région, voir H. Gaussen, *Végétation de la moitié orientale des Pyrénées*. Toulouse (*Bull. Soc. Hist. nat. de Toulouse*, 55, 1926, p. 11).

amont de Puig del Mas, on trouve par places, sur sa rive droite, une association très particulière formée par *Heppia guepini* Nyl., *H. obscurans* Nyl., *Omphalaria pulvinata* Nyl., *Asirosiphon densatulum* Nyl., *Endocarpon miniatum* Ach. Ces Lichens choisissent pour s'établir les rochers schisteux, nus, médiocrement inclinés, exposés entre le Sud et l'Ouest, où l'eau ruisselle au moment des pluies, ou bien sur lesquels des suintements entretiennent une mince couche humide. Aucun Lichen banal ou hypohygrophile ne se mélange à eux. Leur ensemble forme une association subhydrophile. Il est intéressant de remarquer que dans la station d'où provient le type d'*H. guepini*, près d'Angers (M.-et-L.), on trouve aussi, croissant ensemble *H. guepini*, *O. pulvinata*, *E. miniatum;* leur substratum y est également formé de schistes où l'eau suinte et ruisselle par intermittence.

III. *La Massane.* — Cette région est située à 8^{km} ouest de Banyuls par 600 à 800^{m} d'altitude. Sa principale caractéristique est que le Hêtre s'y montre dès 600^{m} sur les pentes Est, y formant des bois. La présence du Hêtre est l'indice sûr d'une humidité atmosphérique dont la moyenne est d'au moins 80 pour 100; mais là nous sommes à sa limite de tolérance vis-à-vis de la sécheresse. La flore lichénique reflète cette limite et, à côté d'espèces préférant les climats secs, comme *P. carporhizans*, nous trouvons les grands Stictacés représentés par 7 espèces; mais, alors que la première recherche, sur les troncs de la lisière, la place la plus éventée, les autres, au lieu de croître sur les arbres, comme dans les forêts de Basse-Bretagne, où ils baignent dans une atmosphère ayant une haute teneur hygrométrique, se sont ici rapprochés du sol et vivent uniquement sur la terre et les rochers moussus. Ils peuvent ainsi suppléer à l'insuffisance hygrométrique de l'air en profitant de l'humidité retenue dans les Mousses; le couvert de Hêtres les protège, d'autre part, de l'influence desséchante des vents. Par ailleurs, les troncs d'arbres sont nus, ne présentant pour ainsi dire aucun Lichen et, là encore, pour la même raison que précédemment, les *Usnea* font complètement défaut (Nylander avait remarqué ces faits, mais n'en avait pas donné d'explication). Dans ce bois de Hêtres, j'ai récolté les espèces suivantes nouvelles pour la région : *Sphærophoron coralloides* Pers., *Parmelia pertusa* Schaer., *P. pilosella* Hue, *Peltigera limbata* Del., *Nephromium parile* Nyl., *Ricasolia herbacea* DN., *Stictina sylvatica* Nyl.

Les rochers offrent une flore variée où prédominent *Pertusaria melanochlora* Nyl., *P. wulfenii* DC. var. *rupicola* Nyl., *Dimelaena oreina* Ach., *Ramalina breviuscula* Nyl., *R. subfarinacea* Nyl. *Umbilicaria pustulata* fait timidement son apparition sous forme de maigres échantillons. De

plus, il est remarquable de trouver ici *Pseudophyscia aquila* Hue, Lichen croissant ordinairement sur les falaises maritimes. La terre des rochers du sommet de la crête présente d'assez nombreux *Cladonia strepsilis* Wain., espèce nouvelle pour les Pyrénées.

Malgré une faible différence d'altitude, le contraste est donc profond avec la flore des basses collines et nous avons là un exemple de l'influence primordiale de l'humidité dans la bionomie et l'écologie des Lichens.

ZOOLOGIE. — *Le stade* Podamphora *et les Ebriacées.*
Note de M. **R. Hovasse**, présentée par M. M. Caullery.

A. — K. Gemeinhardt a décrit, en 1931, sous le nom de *Podamphora Elgeri*, un curieux squelette des couches à Diatomées de Karand (Hongrie). Comme l'indique ce nom, le squelette comprend une sorte de ballon ou d'amphore portée par un trépied.

Trois notes, deux de A. Deflandre (1) et une de moi-même (2), parues à peu d'intervalle, ont donné de cet organisme deux interprétations assez différentes pour qu'il faille revenir sur la question.

A. Deflandre voit à ce squelette deux parties d'origine très différente : le trépied qui est un squelette d'Ebriacée (point sur lequel nous sommes d'accord), et le ballon qui proviendrait d'un second organisme, probablement d'une Gromiacée, choisissant exclusivement des Ebriacées pour orner le fond de son squelette.

Pour en arriver là, l'auteur a repoussé l'hypothèse de Gemeinhardt, que j'ai faite mienne, à savoir qu'il s'agit simplement d'un stade d'enkystement. Ses arguments sont qu'un tel kyste ne correspondrait à rien de connu, et conduirait à envisager pour l'organisme un cycle inconcevable.

Je crois, au contraire, que cette seconde interprétation est seule correcte, pour les deux raisons suivantes.

L'étude d'un grand nombre de Podamphores montre que, sans aucun doute possible, chacun forme un tout homogène, ce qui ne se rencontre jamais chez les Gromiacées ou chez les Radiolaires qui utilisent des Diatomées comme base de leurs spicules. D'autre part, on constate qu'il faut distinguer, dans l'édification de ces squelettes, non pas deux stades, mais

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2171, et *Bull. Soc. Zool.*, 57, 1932, p. 302.
(2) *Bull. Soc. Zool.*, 57, 1932, p. 278.

trois. Le premier correspond au squelette normal, le troisième, à l'amphore. Entre les deux s'intercale un stade d'hypertrophie du squelette initial, stade d'hypersilicification : les crêtes siliceuses s'élèvent, se garnissent d'épines surnuméraires, forment un ensemble ajouré embrassant l'amphore. J'ai constaté très nettement, chez *Ebriopsis crenulata* Hov., que l'édification de l'amphore marche de pair avec cette exagération du squelette initial. Très certainement, c'est le même organisme qui hypersilicifie le squelette et sécrète le kyste.

Mais, ici, l'étude des formes actuelles, *Hermesinum adriaticum* et *Ebria tripartita*, nous apprend que c'est également un même organisme qui sécrète le squelette initial et l'hypersilicifie. Il me semble donc logique d'admettre qu'il en a été de même chez les formes fossiles à Podamphores, et de considérer l'hypothèse d'un second organisme sécréteur comme superflue.

Les cinq *Podamphora* de A. Deflandre — *P. elgeri* (Gem.), *P. japonica* (Gem.), *P. lata*, *P. mesnili* et *P. ampulla* — ne sont que des synonymes de : *Parammodochium elgeri* (Gem.) [1], *Ebriopsis antiqua* (Schulz.), *Ebriopsis* sp., *E. crenulata* Hov., *Ammodochium prismaticum* Hov. [2].

B. — A. Deflandre a fait suivre sa seconde Note de remarques générales, dans lesquelles, s'appuyant sur les formes fossiles, il critique certains points de ma manière de considérer les Ébriacées. Je ne puis relever ses critiques, d'importance du reste minime, et qui sont dues à ce qu'il n'a pu observer les formes actuelles et leur développement.

Dans un groupe aussi étrange que celui des Ébriacées, je crois bon d'aller du connu à l'inconnu, et de n'interpréter les formes fossiles qu'autant que les formes actuelles permettent de le faire. Quant à vouloir faire la phylogénie du groupe, je crois qu'il serait bon auparavant d'approfondir notre connaissance des espèces.

---

(1) Le terme générique de Deflandre a la priorité sur le mien, mais consacre une erreur d'interprétation, le squelette en question ne se rapprochant nullement de celui d'*Ammodochium*.

(2) Je maintiens ce nom (contrairement à Deflandre, *loc. cit.*, p. 304), car l'espèce en question a été désignée par Schulz sous trois noms différents : *Ebria antiqua* var. *rectangularis* (vues latérales), *E. antiqua* et *E. antiqua* var. *simplex* (vues apicales).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absorption ultraviolette de certaines huiles végétales ou animales*. Note de MM. **André Chevallier**, **Jean Guillot** et **Pierre Chabre**, présentée par M. A Desgrez.

En nous servant du dispositif spectrophotométrique décrit par l'un de nous [1], nous avons établi une centaine de courbes d'absorption dans l'ultraviolet, de 4000 A à 2000 A, de divers échantillons d'huiles végétales ou de poissons. Ces courbes, représentant : $\log I_0/I_x = f(\lambda)$, se rapportent toutes à une concentration de 1 pour 100 d'huile dans l'hexane pur, sous une épaisseur de 1^{cm}.

L'examen de ces documents montre que si l'on se réfère, non pas à la valeur absolue de l'absorption pour une même région du spectre, mais à la valeur relative de cette absorption, en considérant toute l'étendue du spectre ultraviolet, une huile pure, ayant une origine déterminée, présente toujours un spectre d'absorption caractéristique. C'est ainsi que les huiles d'olive ont un spectre qui leur est propre, quel que soit l'échantillon, à condition qu'il s'agisse d'huile d'olive pure. Il en est de même pour les huiles de maïs; de même encore pour les huiles de foie de morue.

Cet examen, pour ainsi dire, qualitatif du spectre, permet de tracer la courbe moyenne d'absorption caractéristique de chacun de ces produits.

Dans un second temps, nous avons entrepris l'étude de certains des accidents que présentent ces courbes, essayant d'expliquer leur présence par les caractères chimiques de l'huile considérée; notamment : acidité, teneur en insaponifiable, teneur en vitamines A et D, présence des pigments. Pour y parvenir, nous nous sommes adressés, toutes les fois qu'il était possible, à de mêmes huiles pures, mais dans lesquelles les éléments mentionnés présentaient des variations très grandes que l'on pouvait apprécier par une autre méthode; ou encore, en séparant certains de ces éléments et en mesurant leur absorption propre.

Vitamine A. — La présence de la vitamine A détermine une absorption très caractéristique avec sommet à 3280 A ainsi que Morton et Heilbron l'ont montré. Les courbes d'huile de foie de morue sont très nettes à ce sujet.

Insaponifiable. — L'insaponifiable des huiles absorbe très nettement depuis 2550 A jusqu'à 2950 A. Cette zone correspond à la présence des stérols et de la vitamine D. Lorsque les produits contiennent, en outre, de la vitamine A, la courbe de leur

[1] A. Chevalier et P. Dubouloz, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 174.

insaponifiable préparé sous azote, montre la bande d'absorption déjà signalée à 3280 Å.

Acides gras libres. — Il semble bien que les acides gras libres sont responsables de l'absorption dans trois zones distinctes :

1° Une bande dont le sommet se trouve à 3175 Å.

2° Une autre plus importante située entre 2825 Å et 2625 Å qui se superpose avec une partie de l'absorption sélective de l'insaponifiable.

3° Une absorption massive à partir de 2550 Å vers les petites longueurs d'onde.

Pigments. — La présence des pigments peut expliquer les bandes d'absorption à 4200 Å et 3300 Å que l'on reconnaît dans les huiles très colorées, certaines huiles de maïs par exemple. Elles correspondent à l'absorption de pigments comme la chlorophylle ou la matière colorante du rocou. Mais, dans le cas des huiles courantes, peu colorées, l'absorption sélective due aux pigments n'influe pratiquement pas sur le spectre.

L'ensemble de ces facteurs contribue à donner son allure caractéristique à la courbe de l'huile; mais des différences individuelles peuvent se manifester entre des huiles de même nature, du fait de la prédominance très marquée d'un des constituants ou encore du fait de traitements particuliers subis par le produit. Dans ces cas, une déformation correspondante s'observe à l'examen spectrophotométrique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de polythionates supérieurs au cours de la solubilisation du soufre élémentaire dans le sol.* Note de MM. **G. Guittonneau** et **J. Keilling**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons établi (1) que, dans une terre où l'activité de la florule zymogène avait été exaltée par l'apport d'une matière énergétique (terre du Jardin de l'Institut Agronomique additionnée de peptone), le soufre élémentaire pouvait, avant de se transformer en sulfates, se solubiliser :

A — à l'état d'hyposulfites facilement dosables;

B — à l'état de composés très stables en milieu acide, parmi lesquels nous avions déjà reconnu la présence de l'acide pentathionique.

De nouvelles études devaient nous montrer que ces derniers composés (produits B) sont constitués en très grande partie, sinon exclusivement,

---

(1) G. Guittonneau et J. Keilling, *Comptes rendus*, 184, 1928, p. 898, et 191, 1930, p. 277.

par un mélange de polythionates supérieurs. Au cours de trois séries de recherches nous avons en effet établi successivement les faits suivants :

1° *Les produits* B, *traités par la potasse à chaud, se comportent, en se décomposant dans les extraits, comme le ferait un mélange de polythionates supérieurs.*

Il suffit d'examiner les chiffres du tableau ci-dessous pour s'en rendre compte et pour remarquer, en outre, que les polythionates générateurs d'hyposulfites et de sulfites en milieu alcalin ([1]) pouvaient se trouver associés de manières très différentes dans les extraits des divers lots de nos terres d'expériences. L'attaque alcaline, pratiquée méthodiquement dans tous ces essais, comportait un traitement des extraits ou des solutions de thionates par 10 pour 100 de potasse à l'ébullition pendant 5 minutes. Nous avons précisé dans une autre publication ([2]) les méthodes analytiques mises en œuvre dans nos recherches.

		Résultat de l'attaque alcaline.			
		Milligr. pour 100$^{cm^3}$ d'extrait.		Pour 100 de S caractérisé.	
Liquides étudiés.	S des produits B en milligr. pour 100$^{cm^3}$.	S des sulfites.	S des hyposulfites.	S des sulfites.	S des hyposulfites.
Extraits aqueux des terres d'expérience du :					
12 octobre 1931	370,0	96,1	266,0	26,5	73,5
16 octobre 1931	420,0	57,7	366,0	13,6	86,4
28 mai 1932	125,6	26,8	92,4	22,4	77,6
Solutions de :					
Pentathionate de potassium	–	–	–	0	100
Tétrathionate de potassium	–	–	–	25	75
Trithionate de potassium	–	–	–	66	33

2° *Les produits* B *peuvent être séparés en grande partie des extraits sous la forme de sels potassiques cristallisés présentant les caractères d'un mélange brut de polythionates de potassium.*

Exemple. — Un extrait du 14 avril 1932, exempt d'hyposulfites et contenant 3 pour 1000 de soufre oxydable (produits B), a été désulfaté et amené par congélation fractionnée, entre 0 et — 2°, à une richesse de 6,3 pour 1000 en soufre des produits B, sans que les propriétés de ceux-ci aient

([1]) FORDOS et GELIS, *Ann. de Chimie et de Physique*, 28, 1860, p. 451.

([2]) G. GUITTONNEAU et J. KEILLING, *Ann. agronomiques*, 5, 1932, p. 705.

été en rien modifiées. 150^{cm^3} de l'extrait concentré, contenant 945^{mg} de soufre oxydable, ont été traités par l'acétate de potassium en milieu légèrement acétique et en présence d'un grand excès d'alcool-éther, puis abandonnés à la cristallisation à — 20° — 30°. Après 4 jours, on en a séparé 2^g de cristaux bruts renfermant 38,5 pour 100 de soufre oxydable, soit au total 81,5 pour 100 du soufre de l'extrait traité. A l'attaque alcaline le soufre de ces cristaux passait quantitativement à l'état de sulfites et d'hyposulfites (23,2 pour 100 de soufre des sulfites pour 76,8 pour 100 de soufre des hyposulfites), comme l'eût fait celui d'un mélange de thionates supérieurs (voir tableau précédent).

3° *En dehors de l'acide pentathionique antérieurement caractérisé, il est possible de séparer des produits* B *de l'acide tétrathionique.*

Nous avons tenté cette séparation en partant de lots convenablement choisis de cristaux bruts provenant des expériences précédentes.

Exemple. — Des cristaux bruts, obtenus le 7 mai 1932, donnaient à l'attaque alcaline 1 partie de soufre des sulfites pour 3,3 parties de soufre des hyposulfites. Ils étaient présumés particulièrement riches en acide tétrathionique (pour le tétrathionate de potassium soumis à l'attaque alcaline, on a, en effet, soufre des sulfites/soufre des hyposulfites = 1/3). $1^g,350$ de ces cristaux bruts, dissous dans 20^{cm^3} d'eau sulfurique à 1 pour 100 donnaient, après quelques jours, 250^{mg} de beaux cristaux présentant, en solution, toutes les propriétés des tétrathionates et ayant la composition centésimale suivante : $S = 40,4$, $K = 24,4$, Rapport $S/K = 1,66$ au lieu de $S = 40$, $K = 24,3$, $S/K = 1,65$ pour le tétrathionate de potassium monohydraté.

Généralisation de notre étude. — L'étude analytique des produits intermédiaires solubles de l'oxydation microbienne du soufre dans diverses terres de culture, non additionnées de matière énergétique, nous a montré que, d'une manière générale, ces produits ne renfermaient que des traces ou tout au plus de faibles proportions d'hyposulfites. La plus grande partie du soufre entrant dans leur constitution était engagée dans des combinaisons que nous avons pu assimiler à des polythionates supérieurs parce que, très stables en milieu acide, elles se comportaient à l'attaque alcaline exactement comme les produits B précédemment définis.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Séro-calcémie et rein. Au sortir du rein, le sang contient moins de calcium. Après l'ablation des reins, élévation passagère du taux de calcium du sang général.* Note (¹) de MM. **J. Cheymol** et **A. Quinquaud**, présentée par M. A. Desgrez.

L'activité rénale modifie la teneur du sang en calcium total. En traversant le rein, le sang perd du calcium, le sang de la veine rénale en contient moins que le sang artériel. D'autre part, après l'ablation des deux reins, le sang général en renferme davantage, élévation d'ailleurs passagère, bientôt remplacée par un abaissement.

Nous dosons le calcium dans le sérum par la technique de L. Velluz et R. Deschaseaux (²) donnant une approximation de 2 à 3 pour 100. Calcémies indiquées en milligrammes par litre de sérum.

La traversée du rein appauvrit le sang en calcium. Comparons, sur le même Chien, les teneurs en calcium du sang de la veine rénale et du sang de l'artère carotide, nous trouvons une séro-calcémie rénale inférieure. Pour des calcémies artérielles de 101, 105, 105, 105, 107, calcémies rénales de 92, 103, 100, 101, 103; baisse absolue 9, 2, 5, 4, 4; baisse relative pour 100 : 8,9, 1,9, 4,7, 3,8, 3,7. En moyenne, pour une calcémie artérielle de 105, calcémie veineuse de 100, baisse absolue : 5; baisse relative pour 100 : 4,8.

Si le sang s'appauvrit en calcium en traversant les reins, après leur ablation il en contient davantage. C'est ce que nous constatons sur douze Chiens. Les deux reins sont enlevés par la voie lombaire droite ou bien en ouvrant l'abdomen sur la ligne blanche, animal anesthésié au chloralosane. On pose deux ligatures l'une sur le pédicule vasculo-nerveux, l'autre sur l'uretère.

Élévation absolue en moyenne de 13 milligrammes, par suite hausse relative de 11 pour 100, comprise sur six animaux entre 11 et 22 et sur cinq entre 4 et 10. A noter un chiffre aberrant à 52.

L'élévation du taux de calcium du sang ne survient pas seulement après l'ablation des deux reins, nous l'observons aussi après la ligature du pédicule vasculo-nerveux rénal. Vingt-quatre heures après, chez une jeune

(¹) Séance du 20 juin 1932.

(²) L. Velluz et R. Deschaseaux, *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 977-978.

Chienne de 13^kg, la séro-calcémie passe de 115-116 à 121, hausse de 6 milligrammes, soit de 5,2 pour 100. Le lendemain elle baisse à 100.

La séro-calcémie ne demeure pas longtemps à ce taux élevé, de un à deux jours; sur douze Chiens cette élévation dure six fois pendant deux jours et six fois pendant un jour. Son maximum a lieu sept fois le premier jour et cinq fois le second.

L'élévation du taux de calcium du sang après l'ablation des reins ou la ligature du pédicule rénal.

	Séro-calcémie maximum.				
				Élévation	
Chien.	Jour.	Calcémie antérieure.	Valeur.	absolue.	°/₀.
		Ablation des reins.			
♂ adulte, 19^kg.........	2^e	113	118	5	4,4
♂ jeune, 12^kg.........	1er	110	118	8	7,2
♂ adulte, 14^kg.........	2^e	114	121	7	6,1
♀ jeune, 9^kg.........	2^e	113	124	11	9,7
♂ adulte, 15^kg.........	1er	111	124	13	11,7
♀ vieux, 6^kg.........	1er	116	133	17	14,6
♂ adulte, 10^kg.........	1er	105	128	23	21,8
♂ jeune, 17^kg.........	1er	109	133	24	22
♂ jeune, 12^kg.........	1er	110	168	58	52
♂ adulte, 13^kg.........	2^e	114	135	21	18,4
♂ jeune, 19^kg.........	1er	119	131	12	10
♂ jeune, 19^kg.........	2^e	114	131	17	14
		Ligature du pédicule rénal.			
♀ jeune, 13^kg.........	1er	115	121	6	5,2

Cette élévation ne persiste pas. A partir du troisième jour, en général, la séro-calcémie s'abaisse. Nous avons observé le chiffre le plus bas, 62, sur un Chien de 19^kg, mort au sixième jour. Une telle baisse, de 45 pour 100, nous l'avons vue déjà sur un animal mourant à la suite de l'ablation de l'appareil thyroïdien, mais ayant survécu 11 jours, grâce à l'ingestion préalable d'ergostérol irradié. Le Chien simplement privé de ses parathyroïdes meurt avec une séro-calcémie abaissée d'environ 60 pour 100.

Élévation et baisse n'existent que si le rein a été enlevé. On ne les observe pas si on libère seulement les reins des tissus conjonctifs environnants,

qu'on les attire dans l'ouverture de la plaie cutanée et qu'après avoir débarrassé les vaisseaux et l'uretère des tissus graisseux adjacents, on laisse les reins reprendre leur place. Quinze jours après, sur une jeune Chienne de $8^{kg},7$, la séro-calcémie auparavant à 110 est encore à 109.

Ainsi, quand on enlève les reins, on observe une élévation du taux de calcium du sang, en moyenne de 10 pour 100. D'autre part, le sang de la veine rénale contient moins de calcium que le sang artériel, environ 5 pour 100. La suppression du rein amène une élévation de la calcémie; en traversant le rein, le sang s'appauvrit en calcium.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 10 octobre 1932.)

Note de M. *Paul Chauchard*, Les variations de salinité mesurées à l'aide des conductivités électriques : étude de la Rance au Chatelier :

Page 622, ligne 12, *au lieu de* Krindsen, *lire* Knudsen; ligne 13, *au lieu de* certitude, *lire* rectitude.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 2 novembre au lieu du lundi 31 octobre.

M. **Émile Picard** dépose sur le bureau, de la part de M. François Thureau-Dangin, Membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, une brochure intitulée : *Esquisse d'une histoire du Système sexagésimal*, où l'auteur montre le rôle joué dans les questions de numération par les antiques Sumériens, dont les plus anciennes inscriptions, sorties du sol babylonien, remontent au milieu du quatrième millénaire avant notre ère.

M. **Tullio Levi-Civita** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé : *Caractéristiques des systèmes différentiels et propagation des ondes*. Traduction de l'italien par Marcel Brelot.

NOMINATIONS.

MM. **A. Mesnager** et **L. Guillet** sont désignés pour représenter l'Académie au transfert de la *Croix de Guerre des Écoles Nationales d'Arts et Métiers*, de l'École de Lille à celle de Paris, qui aura lieu le dimanche 30 octobre à 14h30m, en présence de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

La présentation qui a eu lieu dans la précédente séance (p. 638) concerne l'*Observatoire de Toulouse* et non celui de *Marseille*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La théorie atomique et la description des phénomènes*, par Niels Bohr. Traduction française de Andrée Legros et Léon Rosenfeld. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

2° *La propagation des ondes électromagnétiques. Exposé des connaissances acquises. Synthèse des idées et des théories*, par Paul Labat. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

CALCUL LOGIQUE. — *Sur les opérations formelles du calcul logique.* Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Les opérations formelles de l'algèbre de la logique s'appliquent aussi à l'algèbre des ensembles, ou d'une famille déterminée d'ensembles : nous garderons présente à l'esprit cette interprétation ([1]). Cette algèbre, dite *non numérique*, semble appartenir à un type distinct de celui des autres algèbres, appelées numériques ([2]).

Sans méconnaître l'importance de certaines opérations du calcul logique, dont le symbolisme met en évidence une loi de dualité remarquable, ni écarter ces opérations, nous montrons qu'on peut les ramener à celles des

([1]) Nous empruntons en partie terminologie et notations à l'Ouvrage récent de M. G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, dont la lecture nous a suggéré les remarques ci-après.

([2]) Cf. A. N. Whitehead, *A Treatise on universal algebra*, p. 22 et 29; L. Couturat, *L'Algèbre de la logique*, p. 13.

algèbres numériques; cette possibilité offre aussi de nouvelles facilités pour le calcul.

Nous emploierons le symbole $\dot{+}$ pour l'addition logique, ou *réunion*, $+$ et $-$ restant les signes de l'addition et de la soustraction, avec leurs propriétés usuelles; les facteurs d'un produit logique seront simplement juxtaposés, les puissances indiquées par des exposants; l'*inclusion*, de symbole $\subset$, sera entendue au sens large; le *complément* d'un élément E sera écrit $^-$E. Nous utiliserons les remarques suivantes [1] :

I. Quand deux éléments A, B de la famille $\mathcal{E}$ considérée (ensembles) sont disjoints, leur réunion C se réduit à leur *somme;* quand B est inclus dans C, la *différence* A de C et B est un élément bien défini de $\mathcal{E}$.

II. Le produit (logique) AB est inclus dans B, d'où la différence B — AB; les éléments A et B — AB (ou B et A — AB) sont disjoints, et leur somme équivaut à leur réunion, qui est celle de A et B.

2. Partons d'une famille $\mathcal{F}$ d'éléments (dont nous négligeons l'interprétation) soumis à l'addition (+) et à la multiplication par les nombres algébriques; considérons-y une loi de multiplication des éléments *a priori* arbitraire.

On peut ensuite, dans $\mathcal{F}$, définir une famille $\mathcal{E}$ d'éléments (ou plusieurs familles analogues), telle que la multiplication précédente, *appliquée aux éléments* E *de* $\mathcal{E}$, y soit commutative, associative, distributive, assujettie à la relation

$$E^2 = E, \tag{1}$$

le produit étant en outre de la même espèce que ses facteurs; cette multiplication (pour les éléments de $\mathcal{E}$ qu'elle définit) sera dite *multiplication logique*. Nous désignons par O l'élément vide (zéro), par I l'unité (relative à $\mathcal{E}$) de cette multiplication; dans $\mathcal{E}$, l'inclusion $B \subset A$ est définie par $B = AB$, et les éléments de $\mathcal{E}$ satisfont à $O \subset E \subset I$.

Il suffit de définir la réunion de deux éléments A, B de $\mathcal{E}$ par

$$A \dot{+} B = A + B - AB \tag{2}$$

pour retrouver (dans $\mathcal{E}$) toutes les propriétés de cette opération; pour n termes A, B, ..., L de $\mathcal{E}$, on obtient la formule générale

$$A \dot{+} B \dot{+} \ldots \dot{+} L = S_1 - S_2 + \ldots - (-1)^n S_n = -\sum_p (-1)^p S_p, \tag{3}$$

---

[1] Cf. G. Bouligand, *loc. cit.*, p. 5.

S_p étant la somme des produits p- à -p de A, B, ..., L. Dans (2) et (3), par suppression des parenthèses, changement de l'ordre des termes, nous avons admis l'introduction formelle d'éléments de $\mathcal{F}$, étrangers à $\mathcal{E}$; pour l'éviter, on écrit $(B \dot{-} AB)$ dans (2) et l'on forme (3) par répétition de (2) ainsi composé, quel que soit d'ailleurs l'ordre choisi pour la réunion de A, B, ..., L.

On remarque que O reste l'élément indifférent (le zéro) de l'addition logique; d'après les formules

(4) $$(A+B)^2 = A + B + 2AB, \qquad (A-B)^2 = A - B + 2(B - AB),$$

(5) $$(AB)^2 = AB\,AB = AB^2A = ABA = A^2B = AB,$$

(6) $$(A \dot{+} B)^2 = A + B + AB - 2AB - 2AB + 2AB = A \dot{+} B,$$

appliquées aux éléments de $\mathcal{E}$ ($A^2 = A$, $B^2 = B$, $AB = BA$, etc.), on aura :

La somme $A + B$ *appartient à* $\mathcal{E}$ *pour* $AB = 0$; *la différence* $A - B$, *pour* $B = AB$; *le produit* AB *et la réunion* $A \dot{+} B$, *dans tous les cas.*

3. Le complément d'un élément E, le *reliquat* [1] de A par B (dans $\mathcal{E}$) sont

(7) $$^{-}E = I - E = I\,^{-}E. \qquad A - AB = A(I - B) = A\,^{-}B.$$

De (2) résulte que pour A et B disjoints ($AB = 0$), $A \dot{+} B = A + B$; pour $B \subset A$, ou $B\,^{-}A = 0$, le reliquat de A par B est réduit à $A - B$, d'après

(8) $$A - AB = A - B + B - AB \qquad \text{ou} \qquad A - B = A\,^{-}B - B\,^{-}A.$$

Vérifions seulement la formule fondamentale

(9) $$A \dot{+} AB = A + AB - AAB = A + AB - AB = A,$$

tout autre exemple étant à la portée de chacun; le bénéfice de l'emploi de l'addition et de la soustraction usuelles pour obtenir ou vérifier les formules du calcul logique nous paraît établi; ce calcul, basé sur les conditions essentielles de la multiplication (logique), où la réunion n'est qu'une opération abrégée ou secondaire définie par (2), ne nous semble plus construit sur un autre schème que les algèbres numériques.

---

[1] La formule (2) figure dès la page 7 de l'Ouvrage de M. Bouligand (et résulte de formules de la page 5), mais non comme définition de l'addition logique. Nous ne pouvons employer le symbole (—) de la soustraction pour l'extension de cette opération utilisée par M. Bouligand, d'où l'introduction du reliquat (complément relatif à A, si B est contenu dans A).

Inversement, une famille $\mathcal{E}$ d'éléments soumis aux opérations logiques pourra être prolongée, avec un certain arbitraire, en une famille $\mathcal{F}$ plus générale d'éléments soumis à des opérations moins restrictives ; nous donnerons des exemples géométriques dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes d'existence pour les zéros des fonctions holomorphes*. Note de M. **D. Pompeiu**.

1. Soit $h(z)$ une fonction : holomorphe dans l'intérieur d'un contour simple fermé C et continue le long de C.

Pour pouvoir décider de l'existence de zéros de $h(z)$, dans l'intérieur de C, nous avons le théorème élégant et très précis de Cauchy (qui donne le nombre même des zéros) mais justement cette précision exige un appareil analytique compliqué et cela fait que, pratiquement, plus utile est souvent le théorème de Rouché qui donne le nombre des racines de

$$h(z) = 0,$$

par comparaison avec une autre fonction $\varphi(z)$ dont on connaît le nombre des zéros.

Le théorème de Rouché s'exprime par une condition simple qui, dans beaucoup d'applications, est facile à vérifier.

Mais, dans certains cas, on ne demande pas avec précision le nombre des zéros : on veut seulement savoir s'il y en a un, au moins.

La question ainsi posée peut recevoir une réponse encore plus simple que le théorème de Rouché.

On a, en effet, la proposition suivante :

Soit μ le minimum de $|h(z)|$ le long de C; si, dans l'interieur de C, on peut trouver un point z_0 tel que

$$|h(z_0)| < \mu,$$

alors la fonction $h(z)$ possède certainement un zéro au moins dans l'intérieur de C [1].

Je me suis servi de cette proposition dans une Note récente (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 792).

2. Voici une autre application, très simple, de la même proposition.

---

[1] *Ann. scient. Univ. Jassy*, 10, 1926, p. 1-4.

Si le long de C la fonction $h(z)$ conserve un module *constant*, elle possède nécessairement un zéro au moins dans l'intérieur de C.

Mais alors, passant du cas où $|h(z)|$ est constant, le long de C, au cas où le même module varie *très peu* le long de C, on peut se demander si l'on ne peut pas préciser ce fait et obtenir une proposition relative à l'existence de zéros dans l'intérieur de C.

On peut, par exemple, préciser de la manière suivante :

Si $h(z)$ peut se mettre sous la forme

$$h(z) = f(z) + g(z)$$

[où $f(z)$ et $g(z)$ sont deux fonctions holomorphes dans C et *continues* le long de C] et si : 1° $f(z)$ conserve un module constant le long de C, tandis que 2° $|g(z)| < |f(z)|$ le long de C, alors $h(z)$ possède certainement un zéro, au moins, dans l'intérieur de C.

C'est une conséquence du théorème de Rouché.

3. Les applications au cas où le contour C est un cercle sont particulièrement intéressantes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Systèmes d'équations aux dérivées partielles du type parabolique*. Note de M. **Maurice Gevrey.**

1. J'ai indiqué naguère [1] comment on peut former une fonction de Green pour une équation linéaire du type parabolique à $m+1$ variables $x_1, \ldots, x_m, y$. Je me propose ici de compléter ces résultats en utilisant la méthode des *quasi-fonctions de Green*, que j'ai employée plus récemment pour le type elliptique, et en l'appliquant à un *système* de n équations du type *parabolique*

$$(1) \qquad \sum_{ij} a_{ij}^k \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_i \partial x_j} + b_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + \sum_{hi} b_{hi}^k \frac{\partial u_h}{\partial x_i} + \sum_h c_h^k u_h = f_k,$$

avec $i, j = 1, \ldots, m$ et $h, k = 1, \ldots, n$, les coefficients étant fonctions du point $P(x_1, \ldots, x_m, y)$ et $b_k < 0$. Chaque forme $\Psi_k = \Sigma a_{ij}^k \alpha_i \alpha_j$ est définie positive, et son discriminant Δ_k est égal à *un*. Nous nous proposons de cal-

[1] *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 840; pour le type elliptique, **188**, 1929, p. 1652, et **193**, 1931, p. 693. Les notations sont ici les mêmes que dans cette dernière Note, sauf en ce qui concerne la variable y.

culer les u_k à l'intérieur d'un domaine D dont les sections par les plans caractéristiques $y=\text{const.}$ sont des domaines bornés à m dimensions, limités par des multiplicités Σ_y à $m-1$ dimensions; la frontière de D se compose de la surface S engendrée par Σ_y et de la section S_0 de D par le plan d'ordonnée y_0, *en supposant* $y \supset y_0$. Enfin les u_k sont données sur S_0 et doivent vérifier sur S des conditions aux limites linéaires $H_k \partial u_k/\partial N + K_k u_k = L_k$ [N *conormale* intérieure à Σ_j].

2. Envisageons d'abord le *problème de Dirichlet* (tous les H_k nuls) : la quasi-fonction de Green relative à l'équation (1) de rang k est alors

$$(2)\qquad V_k(P, \Pi) = \left[\frac{b_k}{4\pi(y-\eta)}\right]^{\frac{m}{2}} \exp \frac{b_k \vartheta_k}{4(y-\eta)} \left[1 - \exp \frac{b_k s_k \sigma_k}{y-\eta}\right],$$

avec $\vartheta_k = \sum_{ij} A_{ij}^k (x_i - \xi_i)(x_j - \xi_j)$, A_{ij}^k étant le mineur de a_{ij}^k dans Δ_k et les valeurs des A_{ij}^k et b_k *étant prises au point* $\Pi(\xi_1, \ldots, \xi_m, \eta)$; de plus s_k désigne une fonction $s_k(P)$ [avec $\sigma_k = s_k(\Pi)$] positive dans D, et sur S on a $s_k = 0$, $\partial s_k/\partial n = \Psi_k^{-\frac{1}{2}}$, les α_i étant, dans la forme Ψ_k, les cosinus directeurs de la normale intérieure n à Σ_y.

Soit alors une fonction χ_k égale à u_h sur $S + S_0$: nous poserons

$$u_k(P) = \int_{D_y} V_k(P, \Pi)\, \varphi(\Pi)\, d\omega_\Pi + \chi_k(P),$$

D_y étant la portion de D pour laquelle $y > \eta > y_0$. En écrivant que u_k vérifie (1), on trouve que les fonctions inconnues φ_k sont solutions du système d'équations intégrales

$$(3)\qquad \varphi_k(P) - \int_{D_y} \sum_h F_k^h(V_h)\, \varphi_h(\Pi)\, d\omega_\Pi = \sum_h F_k^h(\chi_k) - f_k = g_k,$$

où F_k^h désigne l'ensemble des termes de (1) contenant u_h et ses dérivées. En supposant que les coefficients de (1) et les dérivées premières des s_k en x_i satisfont dans $D + S$ à la *condition de Hölder* avec l'exposant $\alpha < 1$ pour les x_i et $\alpha/2$ pour y, que le champ des n soit aussi hölderien d'exposant α, et enfin que les produits $s_k^{1-\alpha}.\partial^2 s_k/\partial x_i \partial x_j$ et $s_k^{1-\alpha}.\partial s_k/\partial y$ restent bornés, les noyaux des équations (3) sont de la forme (avec $\beta > 4$) :

$$(y-\eta)^{-\frac{m}{2}-1} \exp.\, \frac{b_k + 4 s_k \sigma_k}{\beta(y-\eta)} \left[K_1 s^{\alpha-1}\sigma + K_2 (y-\eta)^{\frac{\alpha}{2}} \left(\exp.\, \frac{-b_k s_k \sigma_k}{y-\eta} - 1\right)\right],$$

K_1 et K_2 étant des fonctions de P et Π bornées dans $D + S + S_0$ et con-

tinues dans D, sauf peut-être pour $P\Pi = 0$. Le système des équations (3) se ramène *à une seule* par le même procédé que dans notre dernière Note; mais ici le domaine d'intégration est *variable* (type de *Volterra*) et, en supposant $s_k^{2-\alpha} g_k$ borné, la résolution de cette équation se fait par approximations successives ou, ce qui revient au même, par le calcul du noyau résolvant à l'aide de la suite des noyaux itérés.

3. Par le même procédé que dans le type elliptique, le *problème mixte* le plus général se ramène au cas où l'on donne tous les u_k sur S_a et $u_1, \ldots, u_p$, $\partial u_{p+1}/\partial N, \ldots, \partial u_n/\partial N$ sur S. Les fonctions V_k pour $k > p$ s'obtiennent alors en remplaçant $s_k \sigma_k$ dans (2) par $(\mathfrak{S}_k^1 - \mathfrak{S}_k)/4$ et changeant le signe de la seconde exponentielle ($\mathfrak{S}_k^1$ se déduit de $\mathfrak{S}_k$ en substituant à P son *point-image* par rapport à Σ_y). Le système d'équations intégrales se ramène encore à une seule, qui se résout comme la précédente, et, comme elle aussi, admet une solution *unique*.

4. Nous avons supposé tous les coefficients de (1) hölderiens, mais on peut se borner à cette hypothèse *seulement pour les* a_{ij}^k, b_k. En effet, comme je l'ai déjà montré dans ma Thèse pour le cas de deux variables ([1]), lorsque les a_{ij}^k sont égaux à *un* pour $i = j$ et à *zéro* pour $i \neq j$, on peut poser $\Theta u = \lim [\Sigma (1/\Delta x_i)(\Delta \partial u/\partial x_i) - \Delta u/\Delta y]$, les infiniment petits Δx_i^2, Δy ayant des rapports mutuels bornés. Cette extension du symbole $\Sigma \partial^2 u/\partial x_i^2 - \partial u/\partial y$ permet de déduire (3) de (1) en supposant simplement les b_{hi}^k, c_h^k, f_k *continus*. Si maintenant les a_{ij}^k, b_k sont quelconques, envisageons, pour chaque valeur de k, une substitution linéaire effectuée sur $x_1, \ldots, x_m, y$, qui rendent *en un point donné* les a_{ij}^k égaux à *un* pour $i = j$ et à *zéro* pour $i \neq j$, et les b_k égaux à -1 : la substitution inverse transforme le symbole Θu en un symbole analogue dont l'adoption, dans les équations (1), permet de résoudre les problèmes aux limites avec les b_{hi}^k, c_h^k, f_k *continus* ([2]).

Il reste à montrer comment et sous quelles hypothèses concernant S on peut former les fonctions s_k et χ_k par de simples quadratures, et parfois plus rapidement.

([1]) *J. Math.*, 9, 1913, p. 363; cf. aussi *Ann. École Norm.*, 35, 1918, p. 149.

([2]) Pour le type elliptique, cette remarque s'applique à toutes les extensions du laplacien.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités ponctuelles des fonctions sous-harmoniques*. Note de M. **Marcel Brelot**.

1. Considérons dans l'espace à $n \geqq 2$ dimensions et au voisinage d'un point O, ce point exclus, les fonctions u qui y sont sous-harmoniques au sens le plus général de F. Riesz ([1]).

Désignons par $m_\rho f$ la valeur moyenne d'une fonction f sur la circonférence ou la surface sphérique de centre O et rayon ρ et posons pour toute fonction sous-harmonique u considérée

$$u(\mathrm{M}) = \lambda(\mathrm{M}) \log \frac{1}{\mathrm{OM}} \quad \text{(plan)} \qquad \text{ou} \qquad u(\mathrm{M}) = \lambda(\mathrm{M}) \frac{1}{\overline{\mathrm{OM}}^{n-2}} \quad \text{(espace à } n > 2 \text{ dimensions)}.$$

D'après F. Riesz ([2]), $m_\rho u$ est une fonction convexe de $\log 1/\rho$ (plan) ou $1/\rho^{n-2}$ (espace à $n > 2$ dimensions). Il en résulte aisément :

a. Que $m_\rho u$ a une limite déterminée, finie ou non quand $\rho \to 0$, soit $u_m(\mathrm{O})$ dite « valeur moyenne en O »;

b. Que $m_\rho \lambda$ a aussi une limite finie ou égale à $+\infty$, soit $\lambda_m(\mathrm{O})$.

Toutes les valeurs d'après cela possibles de $u_m(\mathrm{O})$ et $\lambda_m(\mathrm{O})$ sont d'ailleurs effectivement possibles.

2. Supposons *u bornée supérieurement*. Alors $u_m(\mathrm{O})$ est aussi la plus grande limite de u en O.

Il est effectivement possible que $u_m(\mathrm{O})$ soit fini sans que u soit bornée, même si u est, hors du point O, continue et dérivable jusqu'à un ordre arbitrairement fixé.

Supposons de plus $u_m(\mathrm{O})$ fini et u continue (et même dérivable jusqu'à un ordre donné); alors il y a pour u, « quasi-continuité » en O ([3]), propriété qui s'étend à une combinaison linéaire quelconque à coefficients constants quelconques de fonctions de même nature. Mais, même si u est bornée, il n'y a pas nécessairement continuité en O, contrairement à la propriété analogue des fonctions convexes.

3. Supposons maintenant *u bornée inférieurement*. Alors si $u_m(\mathrm{O})$ est

---

([1]) Voir F. Riesz, *Acta math.*, 48, 1926, p. 333.
([2]) Voir F. Riesz, *Acta math.*, 48, 1926, p. 338.
([3]) Voir ma Thèse, *Ann. École Norm. sup.*, 48, 1931, p. 201.

fini, u est bornée; sinon, c'est-à-dire si $u_m(O) = +\infty$, $\lambda_m(O)$ est > 0 et peut être effectivement fini ou non.

4. Au moins si u est continue et bornée, on peut faire l'extension au cas où u est définie au voisinage d'un ensemble de points E de capacité nulle, cet ensemble exclu. Il y a encore en chaque point de E une valeur moyenne, égale à la plus grande limite, donc encore quasi-continuité ([1]).

5. Cette étude permet de retrouver comme cas particuliers ou conséquences une grande partie des résultats de ma Thèse (*loc. cit.*) et d'un Mémoire complémentaire ([2]) relatifs aux équations

$$\Delta u = c(M)u(M), \qquad (c \geqq 0), \qquad \Delta u = f(M).$$

Elle sera développée et complétée dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Formules nouvelles pour le calcul des perturbations spéciales.* Note ([3]) de M. **Henri Roure**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Lorsque l'orbite est déterminée en position par les cosinus directeurs de ses axes et de la normale à son plan et qu'on veut calculer les perturbations spéciales, il est nécessaire de revenir aux éléments habituels. Dans ce qui suit, nous nous proposons de former les équations qui permettent de calculer les perturbations des cosinus directeurs ci-dessus. Comme trois des cosinus directeurs peuvent être représentés en fonction des six autres par les mineurs correspondants du déterminant $|\alpha_1 \ \alpha_2 \ \alpha|$, il suffira de former les équations qui se rapportent à six d'entre eux. Pour simplifier, nous choisirons les cosinus directeurs du demi-grand axe dirigé vers le périhélie, que nous désignerons par α_1, β_1, γ_1, et ceux α, β, γ de la normale au plan dirigée vers le Nord. Nous désignerons, comme d'habitude, par a, e, p, n, M, k, x, y, z, r, x', y', z', r', P, Q, R, le demi-grand axe de l'orbite, son excentricité, son paramètre, le moyen mouvement, l'anomalie moyenne, la constante de Gauss, les coordonnées rectangulaires de la planète, son rayon vecteur, les dérivées des coordonnées rectangulaires et du

([1]) Voir *Bull. Sc. math.*, 55, 1931, p. 292.

([2]) *Bull. Sc. math.*, 55, 1931, p. 281-296.

([3]) Séance du 17 octobre 1932.

rayon vecteur, et les composantes rectangulaires de la force perturbatrice.

On verra par la suite que p et e s'obtiennent automatiquement. D'après cela et, comme a, e, p, n, M satisfont aux relations

$$(1)\qquad p = a(1-e^2), \qquad n = ka^{-\frac{3}{2}}, \qquad M = M_0 + n(t-t_0),$$

on voit qu'il suffit de former les équations relatives à a et à M. (M_0 anomalie moyenne à l'époque initiale).

Rappelons que x, y, z satisfont aux équations différentielles

$$(2)\qquad \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k^2x}{r^3} = P, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k^2y}{r^3} = Q, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} + \frac{k^2z}{r^3} = R.$$

Nous poserons par la suite

$$(3)\qquad D = Px + Qy + Rz, \qquad D' = Px' + Qy' + Rz'.$$

Les équations qui servirent de définitions aux quantités a, M, α, β, γ, α_1, β_1, γ_1 seront les suivantes :

$$(4)\qquad k^2\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right) = x'^2 + y'^2 + z'^2,$$

$$(5)\qquad M = M_0 + n(t-t_0) = M_0 + ka^{-\frac{3}{2}}(t-t_0),$$

$$(6)\qquad k\sqrt{p}\,\alpha = yz' - zy', \qquad k\sqrt{p}\,\beta = zx' - xz', \qquad k\sqrt{p}\,\gamma = xy' - yx',$$

$$(7)\qquad \begin{cases} k^2e\alpha_1 = -(rr')x' + k^2x\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a}\right), \qquad k^2e\beta_1 = -(rr')y' + k^2y\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a}\right), \\ k^2e\gamma_1 = -(rr')z' + k^2z\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a}\right), \end{cases}$$

qui représentent : (4) l'équation des forces vives, (6) les projections sur les axes du vecteur des aires, (7) les intégrales de Laplace au périhélie.

Pour éviter la présence de e et de p en dénominateur, ce qui, pour des orbites presque circulaires ou très allongées, pourrait rendre certains coefficients mal déterminés, nous formerons les équations en $(\sqrt{p}\,\alpha)$, $(\sqrt{p}\,\beta)$, $(\sqrt{p}\,\gamma)$, $(e\alpha_1)$, $(e\beta_1)$, $(e\gamma_1)$, et cet inconvénient sera écarté.

En dérivant l'équation (4) et en réduisant en tenant compte des équations (2) et (3), nous obtenons pour a l'équation

$$(\mathrm{A})\qquad k^2\frac{d\frac{1}{a}}{dt} = -2D'.$$

Dérivant également l'équation (5) et réduisant en tenant compte de

l'équation (A), nous obtenons l'équation relative à M

$$\text{(B)} \qquad \frac{dM}{dt} = k\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{3}{2}} - \frac{3(t-t_0)}{k} D'\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Nous dériverons maintenant les équations (6) et (7) et nous tiendrons compte des équations (2), (3) et des égalités

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2, \qquad rr' = xx' + yy' + zz'.$$

Nous obtiendrons les équations relatives à $(\sqrt{p}\alpha)$, $(\sqrt{p}\beta)$, $(\sqrt{p}\gamma)$, $(e\alpha_1)$, $(e\beta_1)$, $(e\gamma_1)$:

$$\text{(C)} \qquad \begin{cases} k\dfrac{d(\sqrt{p}\alpha)}{dt} = yR - zQ, \\ k\dfrac{d(\sqrt{p}\beta)}{dt} = zP - xR, \\ k\dfrac{d(\sqrt{p}\gamma)}{dt} = xQ - yP; \end{cases}$$

$$\text{(D)} \qquad \begin{cases} k^2\dfrac{d(e\alpha_1)}{dt} = -(rr')P - x'D + 2xD', \\ k^2\dfrac{d(e\beta_1)}{dt} = -(rr')Q - y'D + 2yD', \\ k^2\dfrac{d(e\gamma_1)}{dt} = -(rr')R - z'D + 2zD'. \end{cases}$$

Les équations (A), (B), (C), (D) sont les équations cherchées. Une fois intégrées et obtenues les valeurs affectées des perturbations de $(\sqrt{p}\alpha)$, $(\sqrt{p}\beta)$, $(\sqrt{p}\gamma)$, $(e\alpha_1)$, $(e\beta_1)$, $(e\gamma_1)$ et de a, on obtiendra n par l'équation

$$n = k'' a^{-\frac{3}{2}}.$$

Pour p et e, on aura

$$p = \Sigma(\sqrt{p}\alpha)^2, \qquad e^2 = \Sigma(e\alpha_1)^2,$$

en se rappelant que

$$\Sigma\alpha^2 = 1, \qquad \Sigma\alpha_1^2 = 1.$$

La formule $p = a(1 - e^2)$ pourra servir de vérification.

Dans (C) et (D) figurent x, y, z, r, x', y', z', r'. Pour les calculer, on formera une éphéméride de l'astre pour les dates choisies. On ajoutera deux colonnes, une avant la première date et l'autre après la dernière. L'éphéméride donnera x, y, z, r. On aura x', y', z', r' par interpolation.

AVIATION. — *Équilibrage longitudinal des avions.*
Note de M. **Gustave André Mokrzycki**, présentée par M. L. Lecornu.

Le constructeur doit équilibrer statiquement un avion avec gouvernail de profondeur non braqué (libre), à l'angle d'attaque choisi i. On peut encore donner au coefficient de la stabilité longitudinale statique c'_M, une valeur choisie convenablement pour la classe d'avion, en déterminant la position du centre de gravité G comme suit.

Menons par le centre de poussée C, dont la distance au bord d'attaque A, pour l'angle choisi i, donne la relation connue

(1) $$e = \frac{c_m}{c_z \cos i + c_x \sin i} l$$

(l profondeur d'aile), les axes étant : Ct corde du profil et Cn normale à la corde. Admettons comme donnés les résultats de la soufflerie, concernant la maquette d'un avion entier; soient r et t les valeurs cherchées des coordonnées de G. La condition d'équilibre autour de G s'exprime par

(2) $$M = c_M Sql = c_n Sqt + c_t Sqn + Ff = 0$$

(S surface portante; q pression de la vitesse; c_M, c_n, c_t coefficients du moment d'avion entier autour de G et des projections de la réaction aérodynamique sur l'axe n et t; F traction de l'hélice; f distance entre F et G. L'angle entre F et t est supposé petit). A l'aide de (2) et par définition de c'_M nous avons

(3) $$c'_M = \frac{dc_M}{di} = \frac{t}{l}\frac{\partial c_n}{\partial i} + \frac{n}{l}\frac{\partial c_t}{\partial i}$$

Appelant c'_n et c'_t les dérivées partielles (connues comme résultats de la soufflerie), nous trouvons comme solution des équations (2) et (3) la position du centre de gravité pour laquelle on obtient l'équilibre donnant la valeur voulue de c'_M :

(4) $$n = \frac{c'_n Ff + c'_M c_n Sql}{(c_n c'_t - c_t c'_n) Sq},$$

(5) $$t = \frac{c'_t Ff + c'_M c_t Sql}{(c_t c'_n - c_n c'_t) Sq}.$$

La position de G, par rapport au bord d'attaque A, donne

(5a) $$t' = e + t.$$

Si l'on ne dispose pas des résultats de la soufflerie pour la maquette d'avion entier, ce qui est le cas dans l'avant-projet, on peut écrire l'équation (2) approximativement :

$$M = c_M S q l = c_n S q t + c_t S q n + c_{nH} S_H q L_H + \Sigma c_p S_p q r_p + F f = 0 \qquad (2a)$$

(c_n, c_t se rapportent à la surface portante ; c_{nH}, coefficient de projection de la réaction de l'empennage horizontal sur l'axe n ; L_H, distance de cette force à G ; S_H, surface active d'empennage ; c_p, coefficient de résistance ; S_p, r_p, surface et bras de la force des parties parasites, auxquelles on ajoute, conformément à l'usage, l'autre projection de la réaction d'empennage). Au lieu d' l'équation (3) nous avons :

$$c'_M = \frac{dc_M}{di} = \frac{t}{l} c'_n + \frac{n}{l} c'_t + \frac{S_H L_H}{S l} c'_{nH}. \qquad (3a)$$

La solution de (2a) et de (3a) donne la position de G :

$$n = \frac{c'_n F f + c'_M c_n S q l + (c_{nH} c'_n - c_n c'_{nH}) S_H q L_H + q c'_n \Sigma c_p S_p r_p}{(c_n c'_t - c_t c'_n) S q}, \qquad (6)$$

$$t = \frac{c'_t F f + c'_M c_t S q l + (c_{nH} c'_t - c_t c'_{nH}) S_H q L_H + q c'_t \Sigma c_p S_p r_p}{(c_t c'_n - c_n c'_t) S q}. \qquad (7)$$

La position de G, par rapport au bord d'attaque A, donne (5a), avec les valeurs tirées de (1) et (7).

Comme pratiquement on ne peut changer beaucoup n, et comme c'_M est peu sensible à ce changement, on peut à l'aide de croquis évaluer n, fixer $S_H L_H$, et à l'aide de (7) trouver t. La grandeur de c_{nH}, pour l'empennage choisi, peut être fixée par détermination de l'angle d'attaque de l'empennage :

$$i_H = i + \Theta - \varepsilon, \qquad (8)$$

Θ étant le calage d'empennage, ε l'angle de déflexion, trouvé à l'aide des formules connues.

On peut facilement appliquer cette méthode de calcul pour les cas, moins simples, de plusieurs braquages de gouvernail convenablement choisis.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le rayonnement cosmique*. Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Pour interpréter les faits expérimentaux, en accord avec l'hypothèse des photons, deux points de vue opposés ont été envisagés quant à l'origine du rayonnement cosmique. MM. Hughes et Jauncey ont émis l'idée que ce

rayonnement pourrait être dû à la formation de certains éléments, à partir de l'hydrogène, et MM. Millikan et Cameron ont pu, sur cette base, rendre compte des composantes molles, à l'exclusion des composantes dures ([1]); au contraire, pour Sir J. Jeans, il conviendrait de rechercher la cause du phénomène dans l'anéantissement de la matière, et cette manière de voir lui a permis de calculer les caractéristiques des composantes dures, mais non celles des composantes molles ([2]). Nous nous proposons, d'une part, de montrer que la conception ondulatoire, des radiations électromagnétiques, conduit à expliquer l'ensemble des composantes par un processus unique, d'autre part, de comparer les résultats, obtenus suivant cette doctrine, avec ceux de MM. Millikan et Cameron et de Sir J. Jeans.

Origine du rayonnement. — Dans une Note récente ([3]), nous avons indiqué que l'évolution générale de l'univers était caractérisée par une diminution progressive de l'énergie potentielle. Il en résulte deux effets : l'un touche les particules liées aux atomes et, comme nous nous réservons de l'exposer, provoque le déplacement, vers le rouge, des raies spectrales des nébuleuses; l'autre concerne les particules libres et donne naissance au rayonnement cosmique.

Bien entendu, c'est pour les protons que ce rayonnement prend une grande importance, puisque leur énergie est, de beaucoup, plus grande que celle des électrons. Il est d'ailleurs à considérer que le nombre des particules, pouvant intervenir, a diminué progressivement, au fur et à mesure de la formation des atomes; actuellement l'émission est localisée là où l'on peut encore rencontrer des protons libres, soit dans l'espace interstellaire et, peut-être aussi, dans la matière préstellaire des nébuleuses.

Détermination des composantes du rayonnement. — Dans la Note susvisée, nous avons dit que c'était grâce au spin que l'énergie libérée pouvait passer à l'éther, et nous avons établi que le phénomène était caractérisé par un pivotement, de période τ_0 égale à la période d'oscillation de la particule (laquelle est liée à la constante de Planck par la relation $h = m_0 c^2 \tau_0$), et par une rotation de période $3\tau_0$. Dans ces conditions, l'expression générale des longueurs d'onde λ, qui peuvent prendre naissance, est

$$\lambda = 3nc\tau_0 = \frac{3nh}{m_0 c} = \frac{3n \times 6,55 \times 10^{-27}}{8,99 \times 10^{-28} \times 1843 \times 3 \times 10^{10}} = 3,95n \times 10^{-13}.$$

([1]) R. A. Millikan et G. H. Cameron, *Phys. Rev.*, **37**, 1931, p. 235-252.

([2]) Sir J. Jeans, *Nature*, **128**, 1931, p. 103-110.

([3]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2124.

où n représente une série de nombres simples, susceptibles d'exprimer qu'il y a résonance avec le pivotement et la rotation.

Pour ce qui est de l'énergie correspondante V, exprimée en volts, elle se déduit de la formule $Ve/300 = h\nu$ et vaut :

$$V = \frac{m_0 c^2 \times 10^2}{ne} = \frac{8,99 \times 10^{-28} \times 1843 \times 9 \times 10^{20} \times 10^2}{n \times 4,77 \times 10^{-10}} = \frac{3,13 \times 10^8}{n}.$$

Il nous reste à définir les valeurs de n qui caractérisent la résonance. Pour cela, considérons respectivement les rapports $3/2$ et $2/3$, et formons les deux séries

$$\frac{3}{2},\ 3,\ 3 \times 2,\ 3 \times 4 \quad \text{et} \quad \frac{2}{3},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{3 \times 2},\ \frac{1}{3 \times 4},$$

où les nombres qui se correspondent sont inverses l'un de l'autre. Dès lors, nous pouvons résumer nos résultats dans le tableau suivant, où l'on trouvera également leur comparaison avec ceux qui ont été obtenus par MM. Millikan et Cameron et par Sir J. Jeans :

n.	λ.	V.	Observations.
$\frac{1}{3 \times 4}$	$0,329 \cdot 10^{-13}$	3 760 000 000	Composante coïncidant avec celle que Sir J. Jeans a attribuée à l'anéantissement de l'hélium.
$\frac{1}{3 \times 2}$	0,658 »	1 880 000 000	Certains auteurs ont estimé que cette composante était la plus pénétrante du rayonnement.
$\frac{1}{3}$	1,32 »	939 000 000	Composante coïncidant avec celle que Sir J. Jeans a attribuée à l'anéantissement de l'hydrogène.
$\frac{2}{3}$	2,63 »	469 000 000	Composante très voisine de celle que MM. Millikan et Cameron ont attribuée à la formation du fer (V = 450 000 000).
$\frac{3}{2}$	5,92 »	209 000 000	Composante très voisine de celle que MM. Millikan et Cameron ont attribuée à la formation du silicium (V = 216 000 000).
3	11,8 »	104 000 000	Composante très voisine de celle que MM. Millikan et Cameron ont attribuée à la formation de l'oxygène (V = 116 000 000).
3×2	23,7 »	52 200 000	Composante correspondant à la deuxième du tableau; elle n'a pas été signalée jusqu'à présent.
3×4	47,4 »	26 100 000	Cette composante est la mieux connue. Nos chiffres coïncident exactement avec ceux qui résultent de l'expérience et sont très voisins de ceux que MM. Millikan et Cameron ont obtenus à partir de la formation de l'hélium (V = 27 000 000).

Ajoutons enfin que le rayonnement analogue, pouvant provenir d'électrons, comporte des longueurs d'onde 1843 fois plus grandes; ces longueurs d'onde sont comprises entre $6,07 \times 10^{-11}$ et $8,75 \times 10^{-9}$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains potentiels de simple couche, générateurs de fonctions harmoniques réelles et multiformes.* Note de M. **R. Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Soient S une surface à deux côtés distincts i et e, et ρ la densité d'une couche répartie sur S. Envisageons le potentiel

$$U = \int \frac{\rho}{r} dS.$$

Il représente une fonction uniforme tant que l'on ne traverse pas S. Dans des cas très généraux, notamment si la surface et la densité sont analytiques, il est prolongeable au travers de S; dans ce sens que le potentiel U_i du côté i se prolonge au travers de S et il en est de même du potentiel U_e du côté e. Ces deux fonctions sont harmoniques dans un domaine D qui contient tout point intérieur de S. Soient S′ une partie de S, F sa frontière et S″ la couronne restante, $S = S' + S''$; puis U′ et U″ les potentiels correspondants. Posons, comme dans une Note précédente,

$$U'_i + U''_i = U_i \text{ du côté } i, \qquad U'_e + U''_e = U_e \text{ du côté } e.$$

Envisageons le potentiel U′ et écrivons

$$\Psi = U' = U - U''.$$

Cette fonction Ψ est harmonique dans D, hors de S′ et hors de S″, c'est-à-dire dans D — F. Partons d'un point du côté i pour aller en un point du côté e en traversant S′; on aura à l'arrivée

$$\Psi = U_i - U'' = U_i - U_e + U'_e.$$

Puis retournons au point de départ en traversant S″. La fonction Ψ n'a cessé d'être harmonique le long de ce circuit C situé dans D et l'on a

$$\Psi_{\text{arrivée}} - \Psi_{\text{départ}} = U_i - U_e.$$

C'est la fonction période et la frontière F est une ligne de ramification de Ψ. La différence $U_i - U_e$ est d'ailleurs indépendante de la forme de S′ et de l'étendue de S; elle est nulle sur S en vertu de la continuité du poten-

tiel. On a, c'est bien connu,

$$4\pi\rho = \frac{d}{dn_i}(U_i - U_e).$$

Donc, *toute portion de surface analytique, chargée d'une densité analytique, engendre dans son voisinage une fonction harmonique réelle et multiforme et la densité est proportionnelle à la dérivée normale de la fonction période*. Envisageons quelques cas particuliers : 1° Soit S une surface de niveau pour un potentiel U dû à une distribution de matière située dans S et posons

$$\Psi = \frac{1}{4\pi}\int \frac{1}{r}\frac{dU}{dn}\,dS'.$$

Le potentiel U_i est une constante K, le potentiel U_e est égal au potentiel U. La fonction Ψ admet la fonction période K — U pour le contour de S'. Elle n'admet comme autre singularité que celle de U dans les masses attirantes. Nous retrouvons ainsi les fonctions harmoniques multiformes mises en évidence au moyen du potentiel conducteur dans une Note précédente (¹), en collaboration avec M. Vasilesco.

2° Soient S une surface fermée et G(A, P) la fonction de Green pour l'intérieur. Envisageons l'intégrale

$$\Psi(A, P) = \frac{1}{4\pi}\int \frac{1}{PM}\frac{1}{dn}G(A, M)\,dS'.$$

Si elle était étendue à toute la surface S, elle donnerait la fonction 1/AP si le point P est à l'extérieur, et la fonction harmonique et prenant la valeur 1/AM sur S si P est à l'intérieur. *La fonction période n'est autre que la fonction de Green.*

3° Si S est une sphère, la fonction précédente n'admet pas d'autre singularité que le contour F de S', le pôle A et son conjugué A' par rapport à la sphère.

4° L'intégrale de Poisson étendue à une sphère S de rayon R de centre O

$$U(A) = \frac{R^2 - \overline{OA}^2}{4\pi R}\int f(M)\frac{1}{\overline{AM}^3}\,dS \tag{1}$$

représente une fonction harmonique à l'intérieur de S et une fonction harmonique à l'extérieur. La première tend vers $+f$, la seconde vers $-f$

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2282.

quand A tend vers S. Si la fonction f est analytique, ces deux fonctions sont prolongeables mais elles ne se raccordent pas. L'intégrale précédente, prise sur une calotte sphérique S' quelconque, est encore une fonction harmonique multiforme et la fonction période pour le contour de S' se réduit à $2f$ sur S, elle n'est pas identiquement nulle, parce que le second membre de (1) contient, on le sait, un potentiel de double couche.

5° Enfin les raisonnements précédents prouvent que l'intégrale

$$\Psi(A, P) = \frac{R^2 - \overline{OA}^2}{4\pi R} \int \frac{1}{PM} \frac{1}{\overline{AM}^3} dS'$$

représente une fonction harmonique en A, harmonique aussi en P et multiforme. La période est pour un circuit C entourant F :

$$\frac{R}{OA} \frac{1}{PA'} - \frac{1}{AP} \quad \text{si P décrit C}, \qquad \frac{R}{OA} \frac{1}{PA'} + \frac{1}{AP} \quad \text{si A décrit C}.$$

La fonction Ψ n'admet pas d'autre singularité que F les pôles A, P et les points conjugués.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un nouvel effet isotopique.* Note de M. L. Goldstein, présentée par M. M. de Broglie.

On sait que l'effet des isotopes se manifeste dans les spectres de raies ou de bandes (en émission ou absorption) d'atomes à deux ou plusieurs isotopes et de molécules contenant des atomes à isotopes, respectivement. Ces effets ont été déjà bien étudiés en particulier du point de vue expérimental et il est bien connu que les ordres de grandeur des effets électroniques $\Delta\nu_\varepsilon$, rotationnel $\Delta\nu_m$ et vibrationnel $\Delta\nu_n$ satisfont, en général, aux inégalités

$$(1) \qquad \Delta\nu_\varepsilon < \Delta\nu_m < \Delta\nu_n.$$

A notre connaissance on n'a pas rapporté, jusqu'à présent [1], l'effet des

[1] Voir cependant un travail de A. Langseth (*Z. Physik*, 72, 1931, p. 350) qui, le permier, aurait interprété par l'effet isotopique une séparation observée dans la structure fine des raies du spectre de diffusion dû à la molécule du tétrachlorure de carbone.

isotopes dans les spectres du rayonnement de diffusion non cohérent, dans les spectres de Raman obtenus avec des molécules isotopiques. Du point de vue théorique cet effet devrait exister dans ces spectres de diffusion et si des cas défavorables peuvent se présenter pour son observation, des cas favorables peuvent également se présenter comme dans les spectres de bandes, par exemple.

Nous voudrions, dans la présente Note, donner la théorie élémentaire de l'effet isotopique dans les spectres de Raman.

Considérons une molécule diatomique AB avec, pour plus de simplicité, les variétés isotopiques AB_1 et AB_2 dues à l'atome B ayant deux isotopes B_1 et B_2. On désignera par M la masse de l'atome simple A, par M_1 et M_2 celle des atomes B_1 et B_2, dont, nous supposerons, le premier est le plus abondant. Le quantum du rayonnement de Raman obtenu après irradiation d'une molécule diatomique par un rayonnement de fréquence ν_i sera

$$(2)\qquad h\nu_R = h\nu_i \pm h\nu_\sigma,$$

où le deuxième terme $h\nu_\sigma$ correspondant à la contribution de la molécule irradiée représente la différence de deux états d'énergie bien déterminés du spectre de termes de rotation-vibration de la molécule. Ce quantum $h\nu_\sigma$ s'ajoute au quantum du rayonnement incident (raie anti-Stokes) ou il s'en retranche (raie Stokes). Il est, en première approximation, la somme d'un quantum vibrationnel $h\nu_n$ et d'un quantum rotationnel $h\nu_m$. Le premier est défini par la différence $(E'_n - E''_n)$, où E'_n et E''_n désignent les énergies de deux niveaux de vibration de la molécule dans son état électronique fondamental. Dans le cas de la molécule isotopique considérée on aura à distinguer entre les niveaux de la molécule d'indice *un* et ceux de la molécule d'indice *deux*. L'effet isotopique sera mesuré par le *déplacement isotopique* correspondant à la transition $E'_n \to E''_n$, qui est défini par

$$(3)\qquad \Delta\nu_n = \nu_{n,2} - \nu_{n,1} = (E'_{n,2} - E''_{n,2}) - (E'_{n,1} - E''_{n,1}).$$

Or, si l'on pose, μ_1 et μ_2 désignant les masses réduites des deux molécules isotopiques,

$$(4)\qquad \rho = (\mu_1\mu_2)^{-\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{M_1}\right)\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{M_2}\right)\right]^{\frac{1}{2}},$$

les énergies des niveaux vibrationnels des deux molécules sont données [1] par

$$(5)\quad \begin{cases} E_{n,1} = h\left[\omega_{0,1}\left(n+\frac{1}{2}\right) + \text{termes dus à l'anharmonicité}\right], \\ E_{n,2} = h\left[\omega_{0,2}\rho\left(n+\frac{1}{2}\right) + \text{termes dus à l'anharmonicité}\right], \end{cases}$$

et négligeant l'anharmonicité des vibrations on trouve facilement pour le *déplacement isotopique vibrationnel*

$$(6)\qquad \Delta\nu_n = (\rho - 1)\,\nu_{n,1}.$$

On trouvera de même pour le déplacement *rotationnel*, en négligeant l'interaction de la rotation et de la vibration dans l'expression des énergies de rotation de la molécule,

$$(7)\qquad \Delta\nu_m = (\rho^2 - 1)\,\nu_{m,1}.$$

Les fréquences $\nu_{m,1}$ ne correspondent pas aux fréquences rotationnelles dans les bandes de rotation-vibration à cause de la règle de sélection sur le nombre quantique de rotation dans l'effet Raman. On a, en effet,

$$(8)\qquad \Delta m = 0,\ \pm 2 \quad (\Delta m \neq 0 \text{ pour } \Delta n = 0).$$

Comme la différence des masses des isotopes est en général faible par rapport aux masses mêmes des isotopes, on peut écrire approximativement

$$(9)\qquad \rho^2 - 1 = \frac{M(M_1 - M_2)}{M_2(M_1 + M)} \sim 2(\rho - 1).$$

On trouve finalement pour *l'effet isotopique de diffusion total* $\Delta\nu_R$

$$(10)\qquad \Delta\nu_R = \Delta\nu_n + \Delta\nu_m = (\rho^2 - 1)\left(\frac{1}{2}\nu_{n,1} + \nu_{m,1}\right).$$

Il est clair que la fréquence $\nu_{m,1}$ peut appartenir à l'une des branches de fréquences P, R ou Q (cette dernière étant exclue pour $\Delta n = 0$), respectivement. Dans le premier cas (branche P) l'effet total diminue jusqu'à ce que $\nu_{m,1}$ après avoir été négatif devient nul et commence à croître. L'effet isotopique de diffusion total a une expression théorique semblable à celle que l'on trouve dans les bandes de rotation-vibration des molécules isotopiques;

[1] R. S. MULLIKEN, *Phys. Rev.*, 25, 1925, p. 119.

la différence consiste en ce que les $\nu_{m,1}$, les fréquences rotationnelles P et R correspondent à la somme de deux fréquences rotationnelles de bandes.

Une étude théorique plus complète s'étendra au problème des intensités de raies de Raman isotopiques en vue des déterminations, par ce nouvel effet, des rapports d'abondances des isotopes.

En résumé, la théorie prédit un effet isotopique dans les spectres de Raman. L'ordre de grandeur de cet effet est le même que celui observable dans les bandes de rotation-vibration des molécules isotopiques.

PHYSIQUE. — *Appareil pour fabriquer les instruments de verre destinés aux micromanipulations.* Note (1) de M. **P. de Fonbrune**, transmise par M. J.-L. Breton.

La fabrication des aiguilles de verre, pipettes, etc., par les méthodes ordinaires, offre de grandes difficultés. Nous avons réalisé un dispositif extrêmement commode permettant d'effectuer, très rapidement, sous le contrôle du microscope, les trois opérations principales qui consistent à étirer, couder et vérifier les micro-instruments.

La technique est basée sur l'emploi d'une source de chaleur, facilement réglable et de dimensions très réduites, placée sous le microscope. Celle-ci consiste en un fil de platine iridié, de faible section, chauffé électriquement et soumis à l'action d'un courant d'air de vitesse réglable. Ce courant d'air provoque le refroidissement rapide du verre dès qu'il s'éloigne du filament incandescent et, de plus, il évite l'échauffement des lentilles de l'objectif. Des systèmes mécaniques facilitent les déplacements indépendants de la source chauffante et de l'élément à étirer.

Le verre fondu, par contact avec le fil chaud, forme une perle pâteuse qui, bientôt, entoure complètement ce dernier. En éloignant alors la source chauffante, la perle de verre s'étire en une micro-aiguille.

Les caractéristiques de la pointe sont réglées à volonté en modifiant : la température du filament, la vitesse d'étirage et aussi la violence du courant d'air. Le tableau suivant indique de façon schématique les principales formes de pointes obtenues, pour une ventilation constante et une qualité de verre déterminée lorsqu'on fait varier les deux autres facteurs :

(1) Séance du 17 octobre 1932.

Filament chauffé à blanc :

Étirage rapide.............	Pointe fine et courte
Étirage lent...............	Pointe mousse

Filament chauffé au rouge clair :

Étirage rapide.............	Pointe fine et allongée
Étirage lent...............	Pointe fine, moins allongée

Filament chauffé au rouge sombre (maintenant le verre à l'état très pâteux) :

Étirage rapide.............	Formation d'un fil de verre long et très fin
Étirage très lent...........	Pointe d'une finesse extrême, parfois submicroscopique

Le même appareil permet, en outre, de fabriquer d'autres outils de formes variées et surtout il rend facile l'étirage de micropipettes dont la réussite était jusqu'ici particulièrement hasardeuse. Nous les obtenons à volonté et rapidement; leur section à l'extrémité peut descendre jusqu'à une fraction de micron. On étire de même des tubes capillaires de l'ordre du micron, très réguliers et de plusieurs centimètres de longueur.

Nous avons été aidé pour la mise au point définitive de cet appareil et de notre micromanipulateur, par l'Office National des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions.

Nous espérons que ces instruments, par leur grande simplicité de maniement, contribueront à vulgariser les techniques de micromanipulation qui prennent, de jour en jour, plus d'importance dans les travaux microscopiques.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Influence des molybdates sur le pouvoir rotatoire du xylose.* Note de M. E. **Darmois** et Mlle M. **Murgier**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans un travail antérieur ([1]), l'un de nous a étudié en détail l'influence des molybdates sur le pouvoir rotatoire du glucose; on a pu montrer que le glucose donne avec les molybdates acides une combinaison au moins dont le pouvoir rotatoire est légèrement supérieur à celui du glucose. La

([1]) E. Darmois et J. Martin, *J. Chim. Phys.*, **28**, 1931, p. 149.

différence est toutefois assez faible; elle ne permet pas d'étudier la stabilité de la combinaison formée.

Nous avons repris un travail analogue sur le xylose pour lequel une observation de Tanret [1] a montré que le molybdate d'ammoniaque produisait un effet très supérieur à celui produit sur le glucose. Une étude préliminaire des mélanges xylose $+ n\mathrm{MoO^3} + x\mathrm{NaOH}$ montre qu'on obtient en effet des variations considérables de la rotation en faisant varier n et x. *Exemple :* 15/1000e de molécule de xylose pur dans 20$^{cm^3}$ donnent pour la raie verte du mercure une rotation $\alpha_v^{2dm} = 4°,97$ et une dispersion $\alpha_{4360} : \alpha_{5780} = 1,90$. Le mélange

$$15/1000 \text{ xylose} + 15/1000 \mathrm{MoO^3} + x\mathrm{NaOH}$$

donne les rotations et dispersions suivantes (rotations finales) :

x	12/1000.	13,6/1000.	15,2/1000.	22,4/1000.	30/1000.	40/1000.
α_v	8,59	10,39	11,29	10,36	5,10	2,10
$\alpha_I : \alpha_J$	2,21	2,46	2,52	2,47	1,90	—

La dispersion rotatoire est nettement supérieure, pour $x < 25/1000^e$, à celle du sucre pur; il se forme donc au moins un composé xylose-molybdate. D'autre part dans le cas précédent la rotation maximum a lieu aux environs de $x = 15/1000^e$ et, pour $x = 30/1000^e$ on retrouve presque exactement la rotation du sucre. Il est donc probable que la combinaison du xylose a lieu avec $\mathrm{MoO^4HNa}$ et que $\mathrm{MoO^4Na^2}$ ne se combine pas. C'est ce qui a été trouvé déjà pour le glucose.

Comme dans les cas analogues, nous avons ensuite étudié les rotations obtenues en mélangeant deux solutions équimoléculaires de $\mathrm{MoO^4HNa}$ et de xylose de façon à mettre, dans 20$^{cm^3}$, y^{cm^3} de xylose et 20-y demolybdate. Le tableau suivant indique les mesures correspondant à des solutions titrant 3 molécules au litre :

y	20.	16.	14.	13,3	12.	10.
α_v	22,28	31,17	32,50	32,29	30,42	26,65
$\alpha_I : \alpha_J$	1,90	2,30	2,38	2,43	2,46	2,50

Pour utiliser ces résultats, on doit chercher le point où la courbe $\alpha_v = f(y)$ s'écarte le plus de celle que donnerait à la même concentration le xylose pur. Il se trouve que le pouvoir rotatoire spécifique de celui-ci varie nette-

(1) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1363.

ment avec la concentration; en mettant dans 20^{cm^3} des volumes y' de la solution de xylose au titre 3, on obtient les rotations suivantes :

y'............	20.	16.	14.	13,3.	12.	10.
α_v............	22,28	17,23	14,85	14,09	12,67	10,43

Le point qui correspond à l'écart maximum des deux courbes $\alpha_v = f(y)$ et $\alpha_v = f(y')$ correspond à $y = 13,3$, ce qui donne pour la combinaison la formule $MoO^4HNa, 2C^5H^{10}O^5$. C'est une formule analogue qui été trouvée pour le glucose.

D'après les chiffres précédents, l'écart entre le sucre pur et la combinaison est considérable (14,09 et 32,29 pour $y = 13,3$). Nous avons pu facilement dans ces conditions étudier la stabilité de la combinaison en répétant les mélanges précédents avec deux solutions de titre différent : xylose titre 3, molybdate au titre 3/2. Dans ces conditions l'écart maximum a lieu pour $y = 11$. Ces nombres permettent de calculer la constante de la loi d'action de masses pour l'équilibre xylose + molybdate $\rightleftharpoons$ complexe. On trouve ainsi à 20°

$$\frac{[C^5H^{10}O^5]^2[MoO^4HNa]}{[\text{complexe}]} = 0,10.$$

En appliquant cette valeur de la constante au mélange des solutions équimoléculaires au titre 3, on trouve que, dans le mélange dont la composition brute est celle du complexe, les composants sont combinés dans la proportion de 0,675. En attribuant dans ce mélange au xylose non combiné un $[\alpha]_v = 22,8$, on trouve pour la combinaison formée un pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_v = 49,8$. La combinaison possède, comme on pouvait s'y attendre, une activité optique beaucoup plus élevée que celle du xylose. Le calcul vérifie également que la dispersion rotatoire est voisine de 2,50; cette grande dispersion tient certainement à la proximité d'une bande d'absoption, comme on l'a déjà établi pour d'autres composés complexes actifs des molybdates.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'acide perchlorique* étendu, *agent d'oxydation*. Note de MM. **A. Travers** et **Silice**, présentée par M. Matignon.

On sait que les solutions *diluées* d'acide perchlorique sont très difficiles à réduire, et les réactions de réduction citées dans la littérature sont peu nombreuses (acide hydrosulfureux, sels titaneux, hydrate ferreux). Les solutions d'acide iodhydrique, l'hydrogène naissant en milieu acide ou

alcalin sont sans action. Il semble y avoir un véritable fossé entre les propriétés de l'acide dilué et celles de l'acide concentré, oxydant très énergique.

En réalité, les solutions diluées, par exemple à 20 pour 100 de ClO^4H, peuvent aussi jouer le rôle d'oxydant, mais à condition d'opérer sous pression, *en tube scellé*, à 260°. Même les solutions à 5 pour 100 ont, à la même température, un pouvoir oxydant net.

Pour illustrer cette propriété, nous avons réalisé l'oxydation en sels chromiques, accompagnée d'un changement de couleur très net. Avec l'acide à 20 pour 100 de ClO^4H et à 260°, on réalise l'oxydation totale de 35^{mg} de Cr en 25 minutes; avec l'acide à 5 pour 100, on a seulement, dans les mêmes conditions, une oxydation partielle.

Sous la pression ordinaire, l'oxydation commence quand la concentration de l'acide se rapproche de 65 pour 100 (correspondant sensiblement à celle du mélange azéotropique, 179°).

Avec l'acide plus concentré ($\geqq$ 80 pour 100 obtenu par action de SO^4H^2 concentré sur ClO^4K solide), l'oxydation commence à 130°, sous la pression atmosphérique.

La température à partir de laquelle le pouvoir oxydant se manifeste décroît donc quand la concentration de l'acide augmente, d'abord lentement jusqu'à 65 pour 100 de ClO^4H, puis plus rapidement.

L'oxydation par l'acide ClO^4H à 65 pour 100 est intéressante dans l'analyse sidérurgique, car elle permet d'oxyder l'ion chrome Cr^{+++} en acide chromique, sans oxyder l'ion manganeux.

GÉOLOGIE. — *Les sédiments du type du schlier au Maroc. Essai de reconstitution paléogéographique.* Note [1] de M. **Jacques Bourcart.**

La molasse burdigalienne des rides prérifaines est recouverte par des marnes blanches qui contiennent *Clypeaster melitensis* Mich., *C. marginatus* Lk, *Ostrea cochlear* Poli, *Flabellipecten Ugolinii* Dep. et Rom., *Amussium denudatum* Reuss, *Oxyrhina hastalis* Ag., *O. Desori* Ag., faune comparable à celle du *schlier* du bassin de Vienne, appartenant donc à l'Helvétien inférieur.

Au point de vue lithologique, ce sont des craies, riches en Foraminifères,

---

(1) Séance du 3 octobre 1932.

de couleur jaunâtre, blanchissant à l'air. La base, comme l'a montré M. Daguin, est souvent glauconieuse.

Leur extension vers le Sud dépasse de beaucoup celle des molasses burdigaliennes. Dès le pont, par lequel la route de Rabat à Meknès franchit l'Oued Beth, elles sont directement transgressives sur le Lias moyen. Du Sébou à Camp Bataille, jusqu'au « dir » du Moyen Atlas, elles constituent le plus souvent le substratum des calcaires lacustres du Saïs, se montrant fossilifères à Sefrou [1] et à l'Oued Keil au sud de Meknès. Puis, sous le Pliocène, elles s'étendent jusqu'à la bordure méridionale du Tafoudeït, partie surélevée de la Meseta primaire, apparaissant notamment à Souk-el-Arbâ des Zemmours et à Maziz au sud de Tiflet. Dans toute cette zone, véritable synclinal de direction est-ouest, elles ont une très grande épaisseur.

Sur les marnes gréseuses du Trias, on observe d'abord, à Maziz, quelques mètres d'une craie jaune à Hétérostégines, contenant à la base de nombreux cailloux de quartz ou de Primaire, très corrodés et patinés de vert. A Souk-el-Arbâ, le faciès est plus sableux, avec des éléments bréchiques, noyés dans la masse, à la partie inférieure. Ces couches de base sont toujours surmontées par les marnes blanches typiques.

Elles contiennent toujours la même faune : de nombreux Oursins, notamment des genres *Amphiope* et *Schizaster* des Huitres, *Pecten Fuchsi* Font. (variété voisine de *P. subarcuatus* Tourn.), *P. cristato-costatus* Sacco, *Flabellipecten incrassatus* Partsch (de petite taille), *F. costisulcatus* Almera et Bofill (très commun), *Chlamys seniensis* Lk, *Pirula geometra* Bors., *Terebratula persinuosa* Dep. (forme d'une plus grande taille que celle du Vindobonien) et, dans, le faciès sableux seulement, *Flabellipecten fraterculus* Sow. et de grands exemplaires de *Pachylasma*.

Les craies jaunes passent progressivement à des calcaires plus durs, formés de débris de coquilles, qui vers l'Ouest, à Merzaga, à Marchand, Nkreila, Rabat [2], Fort Méaux, Sidi Yahia des Zaers, reposent sur le Primaire. Au fond de la *ria* du Bou Regreg, près de Rabat, et sur la piste de Skrirat à l'Oued Ykem, ils passent, à la partie supérieure, à un faciès beaucoup plus littoral : des grès à *Solen*, dans le premier cas, des grès probablement dunaires, dans le second. Plus à l'Ouest encore, au viaduc de l'Oued Mellah, c'est sous forme de calcaires coquillers à *Aturia Aturi* que

[1] P. Russo, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 28, 1928, p. 368.
[2] Dans de nombreux puits de l'Aguedal.

débute le schlier. Il se poursuit de Fédhala à Casablanca sous forme de marnes azurées à dents de Squales [1].

Il faut encore rapporter à ce niveau les marnes blanchâtres de Koudiat el Abiod près de Taza et, très probablement aussi, les « grès argilo-sableux » qui recouvrent, dans l'Oued Sless, les molasses burgigaliennes [2]. Mais, en ce point, Louis Gentil (*loc. cit.*) a récolté sous les marnes bleues du Vindobonien, des Huitres du type *crassissima*. Ce fait, unique jusqu'à présent au Maroc, montrerait qu'on est au voisinage du littoral ou au sommet de la cérie.

Dans le Rif méridional, on n'observe pas de schlier. L'Helvétien inférieur est probablement encore représenté par des grès à Foraminifères avec un *Pecten* voisin de *P. subarcuatus* Tourn. et par des plaquettes couvertes de *Myogypsinoïdes Dehaarti* V. d. V., sans Lépidocyclines. Une partie de cette formation, toutefois, a dû être enlevée par l'érosion car la série des grès à Foraminifères d'Ouezzan est souvent surmontée par des brèches à ciment ocreux, certainement continentales, ou par les conglomérats et les grès du Vindobonien, largement transgressifs.

Si nous essayons maintenant de restituer la paléogéographie du Maroc à l'Helvétien inférieur, nous retrouverons les grands traits de celle du Burdigalien : du Nord au Sud, un massif émergé (le massif bético-rifain), une zone où l'Helvétien inférieur paraît continuer le Burdigalien et l'Aquitanien à Foraminifères (le Rif méridional). Puis, au delà d'une étroite bande où les terrains de cet âge manquent, un vaste sillon est occupé par la mer du schlier. Ses dépôts ont aujourd'hui leur épaisseur maxima très près du Moyen Atlas ou de la Meseta. Le littoral méridional, rarement conservé, passait peut-être sur le causse des Béni Mtir, puis très au sud du bord actuel de la Meseta primaire. Le point le plus occidental où on l'ait observé se trouve à Casablanca. Le Miocène marin manque dans toute la partie du Maroc qui est au sud de cette ligne. Dans ce vaste sillon prérifain, une faible partie du schlier a seule été conservée. Ce n'est qu'en de rares points que l'on peut observer les formations à Crassostracées terminales du cycle : à l'Oued Sless ou, peut-être, à Ahermoumou. Partout ailleurs, le Vindobonien ou le Pliocène ravinent les marnes blanches.

---

[1] G. Lecointre, *Mém. Soc. Sc. nat. du Maroc*, 14, 1926, p. 59.

[2] Louis Gentil, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 18, 1918, p. 160 et 169.

GÉOLOGIE. — *Sur le Voltaïen et l'Atacora (Gold Coast, Togo et Dahomey).* Note [1] de M. **J. Malavoy.**

En mars 1932 j'ai visité le nord du Togo et du Dahomey.

Les géologues de Gold Coast désignent, sous le nom de Voltaïen (du fleuve Volta), une série sensiblement horizontale, comprenant surtout des grès variés, quelques schistes argileux et quelques calcaires, dominant les terrains plus anciens (granites, gneiss, quartzites, et schistes métamorphiques) par des falaises souvent abruptes (Sir A. E. Kitson, *Gold Coast Geological Survey*, Bull. n° 2). Cette série se poursuit au Togo où les géologues allemands lui ont donné le nom de formation d'Oti (L. von Ammon, *Mitt. der Geog. Ges. München*, 1905, p. 411). J'en ai trouvé le prolongement dans la Pendjari, à la frontière du Dahomey et de la Haute-Volta; d'autre part, de Chêtelat considère les affleurements de la Pendjari comme le prolongement des grès du Gourma (E. de Chètelat, *Revue Géog. phys. et de Géol. dyn.*, 1, ii, juin 1928), je n'ai vu ceux-ci que de loin, mais d'après leur situation et leur description, ils sont le prolongement évident du Voltaïen de Gold Coast. Ce nom de Voltaïen étant plus général que ceux d'Oti et de Gourma, c'est par lui que je désignerai désormais tous ces terrains.

Hubert [2] a rapproché les grès du Gourma de ceux de Bandiagara, tout en considérant ceux-ci comme postérieurs à ceux-là; il les met tous deux dans la grande série des « Grès horizontaux ». Cette interprétation me semble devoir être étendue au Voltaïen; je le considère comme l'homologue des grès de Bandiagara et de Bobo-Dioulasso, dans le sud de l'Afrique occidentale; il l'est au point de vue lithologique (prédominance de grès variés, quelques schistes et calcaires), tectonique et topographique (plateaux terminés par des falaises souvent abruptes); on peut admettre qu'il l'est aussi au point de vue stratigraphique. Ce ne sera évidemment prouvé que par la découverte, de fossiles dans les uns et les autres, puisque les points les plus rapprochés du Voltaïen et des Grès horizontaux sont à plus de 250^{km} l'un de l'autre.

---

(1) Séance du 17 octobre 1932.

(2) H. Hubert, *Carte géologique de l'A. O. F. au* 1/1000000e feuille 7*a* (Ouagadougou), 1926.

Je considère la grande masse des Grès horizontaux comme silurienne (Graptolites de Télimélé) (¹), et en pense autant du Voltaïen.

A l'est des plateaux voltaïens se trouve une chaîne de montagnes à peu près continue, appelée Akwàpim en Gold Coast, Monts du Togo dans cette colonie et Atacora au Dahomey; les géologues qui l'ont étudiée sont d'accord pour en faire un ensemble géologique; le nom de Formations de l'Atacora donné par Hubert semble le meilleur, du fait que l'Atacora représente la plus grande partie de cette chaîne.

Toutes les publications sont d'accord pour considérer le Voltaïen comme postérieur à l'Atacora et ses plissements. Mais il semble que personne n'ait vu le contact des deux formations. D'autre part, les roches qui les composent sont du même ordre (surtout grès et quartzites); elles sont dans leur état normal, et horizontales ou faiblement inclinées vers le Sud-Est, à la limite nord du Voltaïen; leur métamorphisme et leurs plissements augmentent progressivement par passage horizontal, à mesure que l'on se rapproche de l'Atacora, et l'on arrive par une transition lente au pied de celui-ci avec des terrains aussi plissés et aussi métamorphisés que les siens, et de même nature pétrographique. Je pense que ce sont les mêmes couches et que, dans l'ensemble, l'Atacora et le Voltaïen ne constituent qu'une seule série, silurienne.

La seule discontinuité dans tout cela, c'est la muraille ouest de l'Atacora; je la considère comme le flanc d'un pli couché vers le Nord-Ouest. Le Voltaïen aurait subi un serrage contre le bouclier gneissique et granitique du Sud et de l'Est (Togo-Dahomey), dont les effets (plissements et métamorphisme) maxima dans l'Atacora, iraient en diminuant vers le Nord-Ouest. Les géologues de Gold Coast ont démontré que l'Atacora et ses plissements sont antérieurs au Dévonien moyen. Si l'on admet que les formations de l'Atacora sont siluriennes, leurs plissements sont d'âge calédonien.

(¹) J.-H. Sinclair, *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 417.

GÉOLOGIE. — *Note préliminaire sur la géologie de la Loutété-Mounié (région des Gouéris, dans le moyen-Congo)*. Note de M. **H. Lagotala**, transmise par M. L. Cayeux.

Une partie des travaux géologiques que nous avons effectués en Afrique équatoriale française de 1928 à 1932 a porté sur les vallées de la Loutété et de la Mounié, et ce sont les observations que nous avons faites dans cette région que nous résumons ici.

A 150^{km} à l'ouest de Brazzaville s'élève le plateau des Gouéris, qui domine vers le Nord la vallée du Niari, tandis qu'au Sud il limite la vallée dans laquelle coulent en sens opposés la Loutété et la Mounié. A l'Est ce plateau des Gouéris s'étend jusqu'à la vallée de la Loutété, orientée S-N; à l'Ouest jusqu'à la rivière Kenké dans laquelle se déversent les eaux de la Mounié. Vers le Sud s'étend le vaste plateau des Cataractes, dont le plateau des Gouéris ne représente qu'un lambeau détaché par l'érosion consécutive aux accidents tectoniques de la vallée Loutété-Mounié.

D'une manière générale la région est essentiellement constituée par les Calcaires du Niari et par les Grès des Cataractes ([1]). Ces grès sont micacés, feldspathiques ou argileux, et montrent un faciès conglomératique à stratification entre-croisée fréquente, principalement sur les flancs des Gouéris. Leur épaisseur dépasse souvent 50^{m}. Interstratifiés de bancs gréseux, ils sont, soit directement superposés aux calcaires, soit séparés de ces derniers par des bancs de grès. Ils ne représentent pas un horizon constant et certain du contact grès-calcaire.

Les calcaires sont siliceux et dolomitiques dans les horizons supérieurs. Dans la vallée affleurent des calcaires marneux et des calcaires siliceux. Nous avons également trouvé un banc de calcaire oolithique, près de Tcicaninga et M. Pilloud a retrouvé ce faciès oolithique dans la partie ouest de la vallée.

De nombreux points sont minéralisés dans toute la région, le cuivre domine à l'Ouest, le zinc et le plomb à l'Est. La minéralisation est concentrée dans les calcaires, près du contact avec les grès, elle se trouve aussi dans les grès : grès à chalcosine de Pokodi, Kiodi et Kingoy. Levat ([2])

([1]) H. Lagotala, *C. R. séances Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 49, II, 1932, p. 29.
([2]) D. Levat, *Annales des Mines*, 11, 1907, p. 5.

avait déjà signalé le gîte de Pokodi. La minéralisation est liée aux systèmes de fractures qui caractérisent la région minière du Niari.

On peut distinguer dans la région des zones recouvertes par les grès (plateaux des Cataractes et des Gouéris) et des zones uniquement calcaires (vallées de la Loutété, de la Mounié, de la Kenké et du Niari).

Une coupe schématique, S-N, partant du plateau des Cataractes et passant par la colline de Fouati et le plateau des Gouéris, pour aboutir à la plaine du Niari, montre la structure tectonique suivante : grès et calcaires peu inclinés du plateau des Cataractes, grande faille N 60° W au sud de Fouati laissant apparaître les calcaires siliceux redressés, couches calcaires inclinées de 10° SSE sur la rive droite du ruisseau Fouati et de 72° NNE sur la rive gauche (anticlinal faillé). La colline de Fouati est formée d'une zone anticlinale très redressée, séparée de l'anticlinal précédent par un petit synclinal. La zone anticlinale qui forme la colline de Fouati est très broyée.

Au nord de Fouati, un synclinal faillé, puis un anticlinal précèdent les formations calcaires et gréseuses faiblement inclinées du plateau des Gouéris et les calcaires légèrement ondulés de la rive gauche du Niari. La zone anticlinale qui borde le flanc sud des Gouéris peut se suivre sur une longue distance (anticlinaux de Pokodi, de Mambona, de Kiodi, nord de Fouati et de la Montagne Percée). La zone plissée des calcaires est jalonnée par des failles ou des plis-failles. Les failles longitudinales qui expliquent la présence de la vallée se retrouvent dans le plateau des Cataractes (Louzounai près Kingoy). La région est recoupée par des failles transversales à l'action desquelles il convient d'attribuer la formation des tronçons N-S des vallées de la Loutété et de la Kenké. L'allure tectonique de la région est comparable à celle de la Louvisi (1). Dans les deux cas, une vallée E-W comprise entre deux plateaux gréseux montre des plissements des calcaires dans la région débarrassée des grès. En résumé, masses calcaires plissées entre des masses gréseuses et calcaires, faiblement inclinées, failles, plis-failles le long de la bordure interne des plateaux, failles transversales, étirements et virgations.

---

(1) H. Lagotala, *C. R. séances Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 46, II, 1929, p. 110.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des mouvements antévisêens au Maroc.* Note de M. **L. Clariond**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai signalé récemment, en collaboration avec N. Gouskov et Ed. Roch, les relations du Viséen avec les terrains plus anciens dans le Haut Atlas de Skoura ([1]), où les couches à *Productus striatus* reposent, tantôt sur du Dévonien fossilifère, tantôt sur le Silurien bien daté, de-sorte que l'existence de mouvements antéviséens ne peut plus faire de doute.

J'ai observé les mêmes mouvements, d'une façon aussi indiscutable, dans l'Extrême-Sud marocain.

Le pied du Tazoult Nehra est constitué par un ensemble gréseux, redressé à 45°, qui a fourni, au sommet, *Clymenia levigata*, fossile caractéristique du Dévonien supérieur. Des lambeaux de Viséen calcaire à *Caninia* recouvrent horizontalement cette série.

A côté de cette coupe typique, qui élimine l'hypothèse de mouvements calédoniens, il paraît possible d'interpréter de la même manière celle des Djebels Aroudane et Tadaout. Ils comportent exclusivement des assises siluriennes à *Cardiola interrupta*, dessinant autour de Taouz un pli anticlinal orienté NW-SE, orthogonalement aux plis hercyniens du houiller du Guir. La coupe du Djebel Ihemmarène Znigui, faisant partie de ces massifs, montre le Viséen supérieur en discordance sur le Silurien gréseux.

Il semble qu'une tectonique identique commande aussi la région de Djerada (Maroc Oriental). A Sfeit Hadria, le Viséen calcaire débute par des conglomérats et repose, en discordance visible, sur les schistes et les grès extrêmement plissés de la formation ancienne du Mekam ([2]).

De telles observations qui rejoignent, à un détail près, celles d'Henri Termier au Maroc Central ([3]), montrent que les plissements antéviséens jouent un rôle fondamental dans la tectonique et la paléogéographie des terrains anciens du Maroc. Leur direction, par rapport à ceux de l'Hercynien proprement dit qui intéressent le Westphalien, paraît partout correspondre à celle que je viens de décrire à Taouz. Le tracé des premiers

---

([1]) L. Clariond, N. Gouskov et E. Roch, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 542.

([2]) A. Brichant, *C. A. S. G. P.*, 7 mars 1932, p. 66.

([3]) H. Termier, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 570.

est voisin du méridien; les autres sont à peu près orientés E-W. Ainsi s'expriment les deux directions reconnues depuis longtemps dans le Sud, mais non interprétées correctement à mon avis. Les plis dits « armoricains » affectent les seules assises carbonifères du Guir, du Haut Atlas et de la région de Djerada; ce sont les vrais plis hercyniens. Les autres, effets de la tectonique antéviséenne, intéressent uniquement le substratum.

Des dispositions analogues se retrouvent peut-être au Sahara (C. Kilian, *in* H. Termier, *op. cit.*). Certains des plis méridiens ou subméridiens considérés par G. B. Flamand [1] comme d'âge vraiment hercynien pourraient résulter d'une orogénèse plus ancienne.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la présence du Silurien et d'une flore paléozoïque entre le Kaouar et le Tibesti* (*Sahara oriental*). Note de MM. **Aug. Chevalier** et **Conrad Kilian**.

M. Ogier, chef de la circonscription du Borkou-Ennedi-Tibesti à Faya, nous a fait parvenir par l'adjudant-chef Tarrieux des empreintes fossiles des régions situées entre Kaouar et Tibesti ou du bord occidental du Tibesti. Ce sont :

1° Des *Bilobites* et *Harlania* provenant d'une part d'une vingtaine de kilomètres au nord de Soanga et dans le lit de l'oued Yoo, d'autre part d'un plateau gréseux situé à une trentaine de kilomètres au sud-est de Defirou;

2° Des empreintes végétales de *Lycopodinées*, troncs, rameaux, racines avec leurs écorces ou décortiqués, provenant du rocher de Defirou, ainsi que de douteuses *Annularia*.

Le premier groupe d'empreintes, d'âge silurien certain, nous indique la présence de formations de cet âge dans la région de Soanga et à une trentaine de kilomètres au sud-est de Defirou.

Le second groupe d'empreintes, la *Flore de Defirou* où l'un de nous (C.K.) reconnaît des *Archæosigellaria* est à rapprocher de celles d'Aga [2] dans l'Ennedi et du Karkour Mourr [3] dans le massif d'Ouenat (confins du

---

(1) G. B. Flamand, *Thèse*, Lyon, 1911.

(2) P. H. Fritel, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 25, 1925, p. 33-48, pl. II et III.

(3) N. Menchikoff, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1047.

Soudan Anglo-Égyptien et de l'Égypte à l'Ouest). Des flores comparables ont été rapportées à la base du Dinantien.

En l'absence de connaissances précises sur les relations exactes des grès à Harlania et Bilobites du Sud-Est 30^{km} de Defirou (Silurien) avec les grés et argiles à plantes du rocher de Defirou nous n'avons aucune preuve, d'ordre stratigraphique, que la flore de Defirou ne soit pas de cet âge Dinantien inférieur et soit plus ancienne.

Les découvertes de M. Ogier gagneraient en portée à être précisées quant aux relations stratigraphiques des gisements de Defirou les uns avec les autres.

BOTANIQUE. — *Sur l'acquisition progressive de la précocité dans le* Lepidium sativum. Note de M. Pierre Lesage, présentée par M. Molliard.

Les cultures du *Lepidium sativum* en 1932 ont continué à donner des résultats qui tendent à confirmer ceux des années précédentes ou à introduire des aperçus nouveaux dans les expériences en cours. Je me propose de signaler quelques faits saillants et de m'arrêter particulièrement à un groupe qui comprend les cultures en plein air pendant quatre années consécutives à Rennes, à Rothamsted et issues de graines mûries à Alger.

Voyons d'abord les faits saillants de 1932.

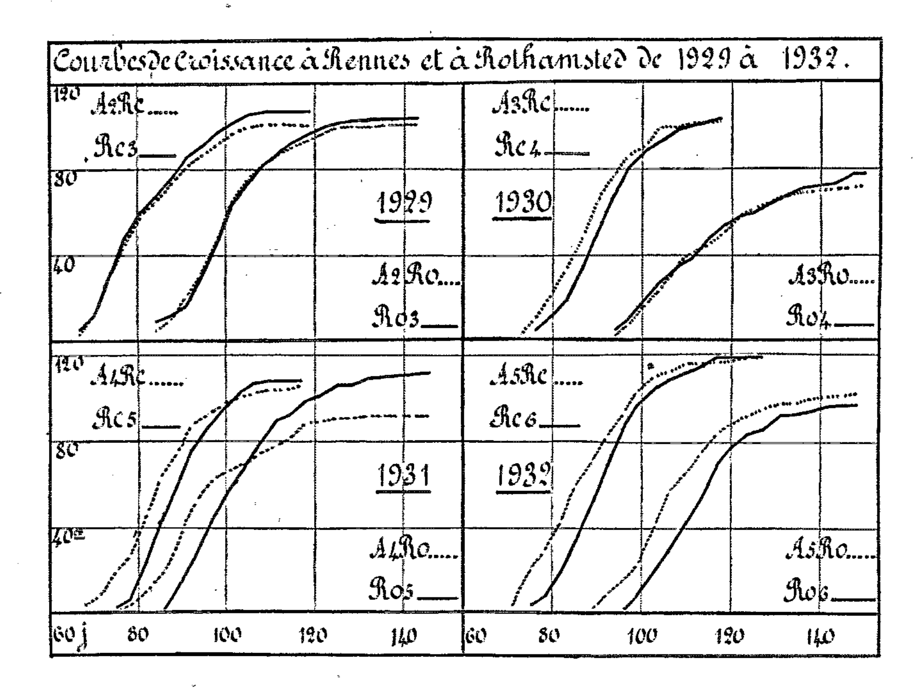
L'hérédité du caractère précocité en plein air aprèe la vie sous châssis se conserve au moins jusqu'à la onzième génération à Rothamsted, à Rennes, à Clermont, à Valence, à Marseille et à Alger. A Rennes, cette précocité n'a pas paru s'atténuer d'une façon marquée dans une série de cultures allant de la première génération à la onzième.

La précocité en plein air à Rennes et à Rothamsted commence à apparaître dans les plantes provenant de graines mûries en plein air à Alger ou à Marseille, après quelques générations de vie à ces stations. Cette précocité a pu se manifester encore jusqu'à la troisième génération.

Le nombre *m* de générations de vie sous châssis ou de vie dans le Midi, nécessaire pour que la précocité apparaisse très nette et au maximum en plein air à Rennes, reste encore à étudier, à préciser parce qu'il est sous la dépendance du mode de vie sous châssis ou de la différence des latitudes, et

aussi parce que je me suis trouvé en présence d'un groupe de faits qui annonce un entraînement progressif à la précocité. C'est à ce groupe que je désire m'arrêter plus particulièrement.

Les cultures à des latitudes différentes de celle de Rennes ont commencé en 1927 à Alger, Marseille et Rothamsted et ont été poursuivies sans interruption, excepté à Marseille, jusqu'à cette année 1932. J'ai donc eu à ma disposition, pour faire des cultures nouvelles, des graines mûries pendant cinq générations à Alger et à Rothamsted. D'autre part, conformément à un programme que j'ai proposé chaque année des mesures de la croissance ont été prises attentivement dans les cultures issues de ces graines; avec ces mesures, j'ai construit des courbes de la croissance pendant les quatre années de 1929 à 1932, que je rapproche dans le tableau ci-dessous, pour comparer les stations Rennes et Rothamsted qui peuvent se contrôler comme stations du Nord par rapport à Alger, station du Midi.



Ces courbes sont désignées par les initiales des stations disposées en ordre chronologique : A, pour Alger, Re, pour Rennes, et Ro, pour Rothamsted, avec un indice qui rappelle le nombre de générations pendant lesquelles les plantes ont vécu à ces stations. Ce groupement d'initiales et

d'indices correspond à la formule biologique générale plus ou moins réduite $A_m B_n$, de ma Note du 28 décembre 1931.

Ce tableau comprend quatre compartiments, un pour chaque année, dans chacun desquels j'ai rapproché et opposé les courbes de croissance des cultures de Rennes et de Rothamsted issues de graines contemporaines, les unes de ces stations, les autres mûries à Alger. C'est ainsi que, par exemple dans le troisième compartiment, celui de l'année 1931, on voit :

A gauche, A_4Re pour désigner la culture de Rennes obtenue avec des graines mûries à Alger en 1930 et en quatrième génération, Re_5 pour désigner la culture de Rennes en cinquième génération depuis 1927;

A droite, A_4Ro pour désigner la culture de Rothamsted obtenue avec les mêmes graines mûries à Alger en 1930, Ro_5 pour désigner la culture des Rothamsted en cinquième génération depuis 1927 à cette station.

Sans s'arrêter à quelques variations de détail, on peut se rendre compte, par ce rapprochement : d'abord, que ces deux groupes de courbes se contrôlent et sont assez concordantes; ensuite, que l'avance de la courbe de la culture obtenue avec les graines d'Alger sur celle des plantes de la station considérée, Rennes ou Rothamsted, augmente avec la valeur de *m*, le nombre de générations à Alger, c'est-à-dire que la précocité devient plus marquée quand *m* grandit. Il y aurait un entraînement progressif à la précocité jusqu'à une limite qui semble n'être pas encore atteinte en ce moment.

Pour terminer et comme résultat de la comparaison de certaines courbes de croissance des cultures successives faites en 1926, à Rennes, avec les courbes de croissance des cultures simultanées d'Alger et de Rennes, je crois utile de dire que j'ai repris, cette année, deux cultures successives, l'une en mars, l'autre en mai, pour faire des échanges de graines et étudier la descendance conformément à la formule $A_m B_n$ comme je l'ai fait dans les autres cas. Cela me donne alors trois groupes d'expériences à suivre : cultures sous châssis et cultures en plein air, cultures dans le Midi et cultures dans le Nord, cultures à Rennes avec semis en mai et semis en mars.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Diagnostic expérimental de la mélitococcie ovine et caprine par la recherche des réactions d'allergie.* Note de MM. **Ch. Dubois** et **N. Sollier**, présentée par M. E. Leclainche.

Le séro-diagnostic de Wright, si précieux pour effectuer le diagnostic de la fièvre ondulante chez l'homme, ne présente, par contre, qu'une valeur très réduite, du fait de ses défaillances nombreuses, pour dépister la mélitococcie ovine et caprine ([1]). Quant à l'hémoculture, la rigueur de technique qu'elle exige en fait éliminer l'emploi. Reste un procédé de diagnostic qui consiste à rechercher les réactions d'allergie, grâce à l'inoculation d'un antigène approprié. Divers auteurs, dont Burnet ([2]), puis Velu et Jalabert ([3]), utilisant la mélitine, ont essayé de dépister la mélitococcie chez la chèvre. Mais leurs expériences, qui n'ont porté, d'ailleurs, que sur des animaux infectés naturellement, n'ont pas été probantes, et ces auteurs en ont tiré des conclusions nettement défavorables quant à l'emploi de cette méthode.

Nous avons pensé, à notre tour, à reprendre cette étude sur des bases nouvelles, afin de voir si la recherche de la réaction allergique, chez les animaux, mérite bien la déconsidération où on la tient présentement. Dans ce but, nous avons eu recours à plusieurs antigènes (mélitine ordinaire, suspensions microbiennes variées de germes du genre Brucella) et essayé diverses voies d'introduction (ophtalmo-réaction, cuti-réaction, tissu conjonctif sous-cutané des paupières ou de la base de l'oreille, enfin derme de l'un des plis de la base de la queue).

Cette étude, qui a duré près de trois ans, a porté sur plus de 2200 ovins ou caprins.

L'objet de la précédente Note est de faire connaître les résultats obtenus :

1° Chez les animaux infectés par *Br. Melitensis*, la réaction d'allergie se traduit par la présence, au point d'inoculation de l'antigène, d'un œdème plus ou moins volumineux, qui persiste pendant 2 à 3 jours environ;

2° La réaction d'allergie peut être provoquée par divers antigènes. Les meilleurs sont constitués par la mélitine et une émulsion de *Br. Abortus*

---

(1) Dubois et Sollier, *Annales de l'Institut Pasteur*, 47, 1931, p. 73.

(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 414; *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, 13, 1, 1924, p. 216.

(3) *Recueil de Médecine vétérinaire*, 98, 1923, p. 311.

tués. Ce dernier nous a paru être l'antigène de choix. En effet, sa préparation est facile, rapide, exempte de dangers et son activité est à peu près indéfinie. Au contraire, la mélitine est dangereuse à préparer, et, surtout, elle n'est active que pendant un temps limité;

3° La région d'élection pour l'inoculation s'est trouvée être le derme de l'un des plis cutanés qui relient la base de la queue de l'animal à la marge de l'anus;

4° La spécificité de la réaction, déjà révélée par la concordance des résultats de celle-ci avec les données épidémiologiques, a été également mise en évidence par les injections qui ont été faites, simultanément, à 250 animaux suspects de mélitococcie, d'antigène brucellique et d'émulsions d'antigènes divers (bacilles typhiques, paratyphiques, staphylocoques). L'injection de ces derniers n'a donné naissance à aucune réaction, alors que l'injection de l'antigène brucellique a provoqué, chez 29 animaux, l'apparition de l'œdème local. L'un de nous (Ch. Dubois) a entrepris une expérimentation particulière en vue d'apporter des preuves nouvelles de la spécificité de la réaction ;

5° D'une façon générale, nous avons constaté que, dans un troupeau infecté, le nombre des animaux réagissants va en augmentant à mesure qu'on s'éloigne des débuts de l'infection, ce qui prouve que, pour des causes diverses, la contamination de certains animaux demande, pour se réaliser, un temps plus ou moins long, pouvant atteindre plusieurs mois. La réaction, une fois apparue, est durable, et nous pensons même qu'elle persiste durant toute l'existence de l'animal; enfin, la réaction allergique, effectuée à intervalles plus ou moins éloignés chez le même animal, paraît augmenter en intensité;

6° Chez les ovins et les caprins, la constatation d'une réaction allergique positive, à la suite de l'inoculation d'un antigène brucellique, est révélatrice d'une infection par *Br. Melitensis*. Cette réaction peut être l'indice d'une infection générale, locale ou latente (porteurs de germes) de l'organisme. Mais cette manifestation ne renseigne ni sur l'ancienneté, ni sur le degré de l'infection. Elle ne peut, non plus, nous fixer exactement sur les risques de contamination qui peuvent exister pour les autres animaux du troupeau et pour l'homme. C'est pourquoi l'étude épidémiologique et l'examen clinique devront toujours être mis en œuvre, afin de fixer l'importance de ces dangers.

Conclusions. — L'indra-dermo-réaction faite dans le derme de l'un des

plis de la queue et à l'aide d'une suspension de *Br. Abortus* tués, constitue un procédé suffisamment sûr de diagnostic de la mélitococcie ovine et caprine. Elle permet de déceler les animaux malades et les porteurs de germes. Tous les sujets réagissants doivent être considérés comme plus ou moins dangereux pour leurs congénères et pour l'homme. Cette réaction permet au praticien de se faire, lui-même, facilement et rapidement, une opinion sur l'état sanitaire d'animaux suspects de mélitococcie. Elle accuse une supériorité très manifeste sur le séro-diagnostic de Wright dont les résultats sont très inconstants et qui nécessite le concours du laboratoire.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 septembre 1932.)

Note de M. *Léon Auger*, Sur les mouvements des anches battantes pour tuyaux d'orgue :

Page 516, ligne 5, *au lieu de* même taille, *lire* menue taille.
Page 517, paragraphes *b*, *c*, *d*, *au lieu de* anches, *lire* arches.
Page 518, paragraphes *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *au lieu de* anches, *lire* arches.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 NOVEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En offrant à l'Académie un ouvrage intitulé *La Géologie et les mines de la France d'outre-mer*, M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le beau volume que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, au nom du « Bureau d'études géologiques et minières coloniales », est formé par la réunion de conférences faites au Muséum national d'histoire naturelle en 1931-1932.

Ces conférences ont eu ceci de particulier qu'organisées par une initiative privée avec le concours moral du Ministère des Colonies, elles ont été faites par des géologues et des ingénieurs ayant visité et étudié eux-mêmes les colonies dont ils ont parlé. Deux d'entre eux sont membres de cette Académie, MM. Jacob et A. Lacroix. Les autres sont MM. Joleaud, Fallot, Bourcart, H. Hubert, Demay, Dreyfuss, F. Blondel, L. Bertrand.

Ce volume est un résumé très au point de la géologie et des principaux genres de gisements miniers de notre domaine colonial.

J'appelle l'attention de l'Académie sur cette entreprise intéressante pour la science et pour le pays, qui a réuni, sans l'aide financière de l'État, des hommes dépourvus d'attaches officielles et d'autres appartenant aux grands établissements scientifiques de Paris et de la province : École des mines, Université, Muséum. Cette entreprise aura d'ailleurs une suite.

PHYSICOCHIMIE. — *Action de l'ammoniac et des amines sur la viscosité des collodions.* Note [1] de MM. **Paul Pascal** et **Jean Grévy**.

On savait depuis longtemps que les bases liquéfiaient les solutions de collodion. Bréguet [2] a contrôlé quantitativement le fait, dans le cas de l'ammoniac, sur une solution hydroacétonique; Highfield [3] a montré que la viscosité était maxima quand le solvant était neutre.

Nous avons cherché à préciser quantitativement l'importance du phénomène et la nature des divers facteurs. En mettant en jeu des concentrations extrêmement faibles du corps actif, nous avons été amenés à découvrir des particularités remarquables dans l'évolution des solutions colloïdales de coton-poudre, et c'est le résumé de nos premières observations qui fera l'objet de cette Note.

Nos essais ont porté sur un lot homogène de nitrocellulose industrielle du type CP_2, non stabilisée, qui a été mise en solution dans des mélanges d'alcool et d'éther. Le premier liquide avait un titre pondéral égal à 99,3 pour 100, l'éther était pur et sec.

Nous avons constitué d'abord un dissolvant mixte à 65 pour 100 d'éther et 35 pour 100 d'alcool, qui a été éventuellement additionné d'ammoniac ou d'une amine, et l'on y a dispersé par agitation continue un poids de 4^g de nitrocellulose sèche pour 200^g du mélange alcool-éther pur. Une fois les sols devenus homogènes, leur viscosité a été mesurée à 25°, soit avec un appareil à capillaire du type Baume, soit à l'aide d'un dispositif à chute de bille d'acier, étalonné au préalable.

Les résultats sont traduits en portant en abscisses le temps et en ordonnées le logarithme de la viscosité exprimée en poises.

Influence de l'ammoniac. — L'addition du gaz ammoniac à un collodion provoque au début un accroissement considérable et rapide de la viscosité; mais celle-ci, après avoir atteint un maximum, décroît petit à petit pour prendre une valeur qui peut descendre parfois à celle du dissolvant.

Ainsi la solution de 4^g de notre coton-poudre dans 100^g du mélange pur

---

(1) Séance du 24 octobre 1932.

(2) Bréguet, *Thèse*, Lyon, 1924.

(3) Highfield, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 124, 1926, p. 245.

alcool-éther (alcool : 35 pour 100; éther : 65 pour 100) présente une viscosité égale à 6 poises environ, à 25°. Si le dissolvant est additionné du millième de son poids d'ammoniac, la viscosité du collodion passe au bout de 12 heures par un maximum de 400 poises, retombe à 6 poises après 24 heures, pour redescendre à 1,8 poise au bout de 15 jours (l'eau a pour viscosité 0,89 poise à 25°).

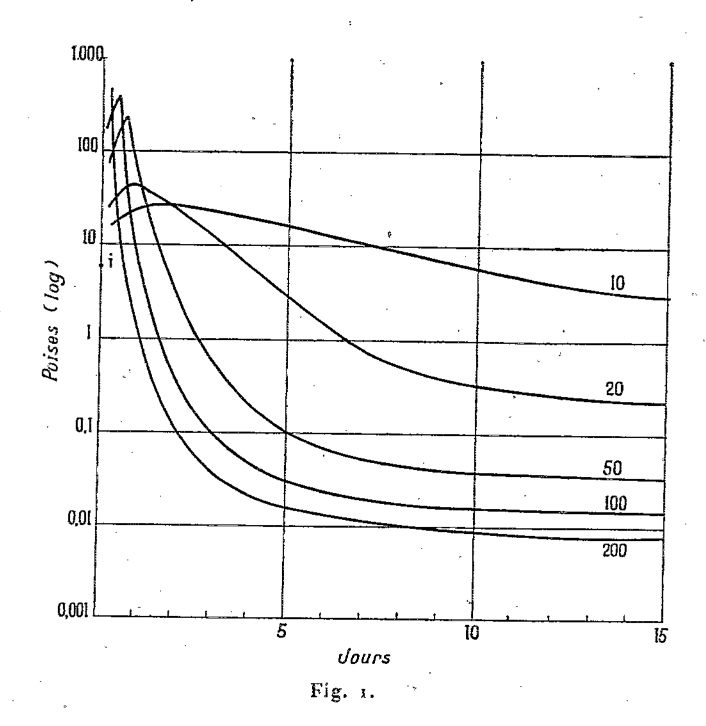


Fig. 1.

Nous avons représenté, dans la figure 1, l'évolution des solutions correspondant à divers taux d'ammoniac. Les courbes portent un numéro-repère qui indique le poids de gaz NH^3, en milligrammes, contenu dans 100^g du dissolvant; le point I représente la viscosité propre du collodion en absence de toute base.

On voit que l'évolution est d'autant plus rapide et plus marquée que le rapport des poids : ammoniac/nitrocellulose est plus considérable. Pour les fortes doses en ammoniac, il est impossible de mettre en évidence la marche de l'épaississement du liquide, qui forme presque une gelée, d'ailleurs éphémère.

En étudiant de façon systématique le rôle du rapport : éther/alcool dans

le dissolvant initial, nous avons d'ailleurs constaté que l'influence de l'ammoniac est plus accentuée dans les mélanges riches en alcool.

Influence des amines. — Nous avons comparé enfin l'ammoniac et les amines à des concentrations équimoléculaires. La figure 2, avec les mêmes coordonnées que précédemment, indique la loi d'évolution des solutions de collodion (4^g de coton-poudre dans 100^g du mélange : 35 d'alcool et 65 d'éther) dans le cas particulier où l'on ajoute à 100^g de solvant 20^{mg} de gaz NH^3 (courbe A) ou la quantité équivalente de méthylamine, de diméthylamine, de triméthylamine, d'éthylamine (courbes M, D, T, E) ou d'aniline.

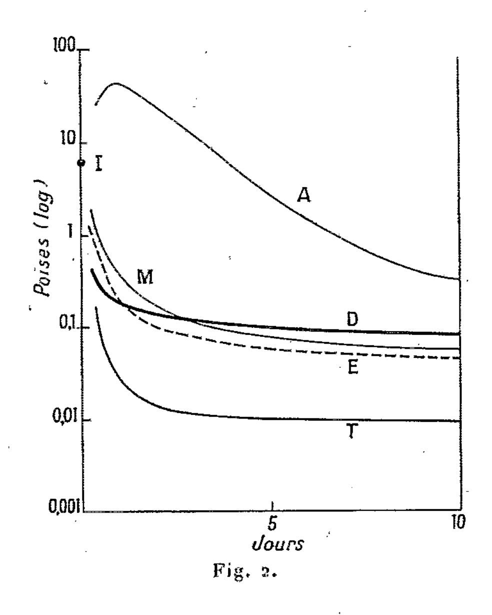


Fig. 2.

Alors que les amines aromatiques ont un effet très atténué, les bases de la série grasse provoquent une baisse très marquée et très rapide de la viscosité. Il est même impossible de savoir s'il y a ici épaississement du liquide à l'origine, comme dans le cas de l'ammoniac, dont le rôle est beaucoup moins actif.

Comme on le voit, la méthylamine, la diméthylamine et l'éthylamine exercent sur le collodion une action du même ordre. L'organisation micellaire paraît profondément et rapidement altérée par le triméthylamine, cependant moins basique, à tel point que si l'on pousse à 1 pour 1000 la proportion de cette base dans le dissolvant, le phénomène devient brutal et se complique de la précipitation d'une partie du coton-poudre.

Nous nous proposons de revenir plus tard sur le mécanisme de cette floculation et sur la nature du gel formé; les détails des essais résumés précédemment seront fournis dans une autre publication.

PLIS CACHETÉS.

M. **P. Llambi Campbell** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 octobre 1932 et inscrit sous le n° 10644.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé *Nouvelle conception de la force d' « attraction » d'accord avec les connaissances scientifiques actuelles*.

(Renvoi à l'examen de la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Egyptian Government. *Views of Typical Desert Scenery in Egypt prepared by the* Geological Survey of Egypt.

2° Marc Simonet. *Recherches cytologiques et génétiques chez les Iris.*

3° Tadataka Inō. *The Japanese Land-Surveyor*, by Ryōkichi Otani, Translated by Kazue Sugimurá. With a Preface by H. Nagaoka.

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques propriétés nouvelles des trajectoires des points liés à un trois barres.* Note (1) de M. **André Haarbleicher**, présentée par M. d'Ocagne.

Cette trajectoire, courbe des trois barres, a été étudiée par plusieurs géomètres, qui ont défini certaines de ses propriétés. C'est une courbe du sixième ordre qui a les points cycliques pour points triples. Elle a trois points doubles Q_1, Q_2, Q_3 qui forment un triangle par rapport auquel elle est sa propre inverse isogonale. Elle a pour foyers doubles trois points A,

(1) Séance du 24 octobre 1932.

B, C situés sur le cercle circonscrit au triangle $Q_1 Q_2 Q_3$ et tels que les triangles ABC et $Q_1 Q_2 Q_3$ soient circonscrits à une même parabole.

Réciproquement, les équations que j'ai obtenues montrent que toute courbe du sixième ordre qui a les points cycliques pour points triples et qui a trois points doubles Q_1, Q_2, Q_3 et trois foyers doubles A, B, C tels que les triangles $Q_1 Q_2 Q_3$ et ABC soient inscrits dans un même cercle et circonscrits à une même parabole est une courbe des trois barres.

Le lieu du milieu de la droite qui joint deux points de la courbe inverses isogonaux par rapport au triangle $Q_1 Q_2 Q_3$ est une cubique Q (Bennett). L'emploi de cette cubique permet d'obtenir de nouvelles propriétés de la courbe des trois barres.

Dans une étude sur l'emploi des droites isotropes comme axes de coordonnées, j'ai obtenu ce théorème : lorsque le centre d'une conique, qui varie en restant inscrite dans un triangle, décrit une courbe Q d'ordre n, le lieu des quatre foyers de la conique est une courbe Θ d'ordre $3n$ qui a les propriétés suivantes : elle est sa propre inverse isogonale par rapport au triangle ; elle a pour points multiples d'ordre n les sommets du triangle et les points cycliques, et pour directions asymptotiques non isotropes celles de la courbe Q ; elle coupe le cercle circonscrit au triangle en $6n$ points, à savoir les sommets du triangle et les points cycliques qui comptent pour $5n$ et les n points du cercle inverses isogonaux des points à l'infini de la courbe Q.

Dans le cas où la courbe Q est la cubique définie ci-dessus, la courbe Θ est du neuvième ordre. Elle comprend la courbe des trois barres Γ du sixième ordre et une courbe Φ du troisième ordre. La courbe Γ remplit une partie des conditions définies à l'alinéa précédent ; la cubique Φ remplit les conditions complémentaires : elle est sa propre inverse isogonale par rapport au triangle ; elle est circonscrite aux triangles $Q_1 Q_2 Q_3$ et ABC ; ses asymptotes sont parallèles aux côtés du triangle ABC.

Ainsi, *à toute courbe des trois barres correspond une cubique Φ qui est sa propre inverse isogonale par rapport au triangle $Q_1 Q_2 Q_3$ et qui est telle que le lieu du milieu de la droite joignant deux points inverses isogonaux situés sur cette cubique Φ soit la même cubique Q que pour la courbe des trois barres.*

La cubique Φ appartient à l'une des deux familles de cubiques circonscrites à un triangle qui sont leur propre inverse isogonale par rapport à ce triangle. Cette famille est caractérisée par cette propriété : *c'est le lieu des points dont le cercle podaire par rapport au triangle est orthogonal à un cercle fixe, et réciproquement.*

Réciproquement, à toute cubique Φ de cette famille correspond une courbe des trois barres Γ telle que pour les deux courbes Φ et Γ le lieu défini ci-dessus soit la même cubique Q.

La cubique Φ peut être définie : le lieu de deux foyers coaxiaux F_1 et F_2 d'une conique qui varie en restant inscrite dans un triangle de telle façon que le cercle qui a pour diamètre l'axe de la conique passant par F_1 et F_2 reste orthogonal à un cercle fixe. La cubique Q est le lieu du centre de la conique.

Puisque la courbe Θ, composée des courbes Φ et Γ, est le lieu des quatre foyers de la conique et que la cubique Φ est le lieu de deux de ces foyers, la courbe Γ est le lieu des deux autres foyers. Donc :

La courbe des trois barres est le lieu de deux foyers coaxiaux d'une conique qui varie en restant inscrite dans un triangle de telle façon que le cercle qui a pour diamètre l'autre axe de la conique reste orthogonal à un cercle fixe.

Réciproquement, *deux points d'une courbe des trois barres inverses isogonaux par rapport au triangle $Q_1Q_2Q_3$ étant deux foyers coaxiaux d'une conique inscrite dans le triangle, le cercle qui a pour diamètre l'autre axe de la conique est orthogonal à un cercle fixe.*

J'ai pu également compléter, en lui donnant un caractère général, l'étude de la décomposition de la courbe des trois barres faite par M. Morley, et, en particulier, déterminer la position des points doubles et des foyers doubles, ainsi que la correspondance entre la décomposition de la courbe des trois barres et celle des cubiques Φ et Q.

Ces résultats ont été obtenus par l'emploi des coordonnées isotropes dans une étude de la courbe des trois barres qui paraîtra prochainement.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mesure des caractéristiques aérodynamiques d'une aile sustentatrice en courant plan.* Note [1] de M. **Henry Girerd**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons déjà décrit [2] le tunnel rectangulaire réalisé dans la soufflerie de 2^m de diamètre de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr.

L'introduction d'un tronçon d'aile dans un tunnel rectangulaire avec un

(1) Séance du 24 octobre 1932.

(2) A. Toussaint et H. Girerd, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 645.

jeu modéré entre les extrémités du tronçon et les parois du tunnel, n'éliminant pas les zones perturbées par le frottement superficiel sur ces parois, ne permet pas d'obtenir des résultats indépendants de l'allongement du modèle expérimenté.

On est conduit à éloigner des parois le tronçon expérimenté tout en conservant la continuité du profil par des *embouts de garde* solidaires des parois.

Le jeu entre les embouts de garde et le tronçon expérimenté reste aussi faible que possible (pour les expériences actuelles, 1/200ᵉ de la corde, soit 1ᵐᵐ).

Dans ces conditions j'ai étudié l'influence de la longueur relative des embouts de garde pour diverses conditions de liaison entre la balance aérodynamique et le tronçon expérimenté.

Ces liaisons (compte tenu des tarages usuels) n'ont pas affecté les résultats obtenus, qui semblent bien correspondre à une expérimentation en courant plan indépendante des perturbations latérales, pourvu que les embouts de garde aient une longueur relative supérieure à 1/4 de corde dans le cas actuel : aile de 200ᵐᵐ de corde dans un tunnel de 750ᵐᵐ de large et de 2ᵐ de haut.

On constate que les caractéristiques aérodynamiques d'un tronçon expérimenté se conservent quelle que soit son envergure relative, en outre l'accord est très satisfaisant avec les caractéristiques calculées à partir d'une aile d'allongement fini au moyen des formules classiques

$$\Delta C_x = (1+\delta)\frac{C_z^2}{\pi\lambda}, \qquad \Delta\alpha = (1+\sigma)\frac{C_z}{\pi\lambda}.$$

Les tableaux donnent les résultats obtenus à 40 m/sec environ pour un profil 430 Goëttingen.

1° Tronçon 600/200 avec embouts de garde de 75/200;

2° Tronçon de 500/200 avec embouts de garde de 125/200;

3° Aile de 1 380/200 expérimentée en tunnel circulaire et ramenée par le calcul à l'allongement infini.

Aile 430 G 600 × 200 essayée avec embouts de 75ᵐᵐ ($\lambda = 3$) :

α.	$100\,C_z$.	$100\,C_x$.	α.	$100\,C_z$.	$100\,C_x$.	α.	$100\,C_z$.	$100\,C_x$.
−8°,8...	−9,5	1,53	−2°,8...	59,7	1,39	3°,2...	124	2,26
−6,8...	13,5	1,39	−0,8...	81,6	1,59	5,2...	134	3,84
−4,8...	36,5	1,32	1,2...	103	1,99	7,2...	143	5,31

Aile 430 G 500 × 200 essayée avec embouts de 125mm ($\lambda = 2,5$) :

α.	100 C_z.	100 C_x.	α.	100 C_z.	100 C_x.	α.	100 C_z.	100 C_x.
−9°,85...	−17	1,75	−3°,85...	49,2	1,39	2°,15...	115	2,01
−7,85...	5,6	1,56	−1,85...	74,6	1,48	4,15...	134	2,70
−5,85...	28,1	1,37	0,15...	96,7	1,77	6,15...	150	3,75

Aile 430 G 1380 × 200 essayée en tunnel circulaire,
les résultats étant ramenés de l'allongement 6,9 à l'allongement infini pour le calcul :

α_∞.	100 C_z.	100 C_x.	α_∞.	100 C_z.	100 C_x.	α_∞.	100 C_z.	100 C_x.
−8°,50...	−4,3	1,51	−2°,01...	67,0	1,43	4°,54...	127,5	2,46
−6,81...	12,6	1,50	−0,39...	84,2	1,45	6,18...	142,5	3,35
−5,17...	30,8	1,44	1,25...	99	1,76	8,14...	143	5,83
−3,59...	48,2	1,36	2,86...	115,3	2,0			

Les résultats 1° et 2° ont été obtenus avec une liaison rigide entre l'aile et la balance, liaison soustraite à l'action du courant d'air et comportant par suite une résistance et une portance parasitaire nulles.

On est conduit à remarquer en traçant les courbes : que l'angle de portance nulle expérimental se trouve être l'angle de portance nulle théorique du profil, soit 8° 2/10 ;

Que la pente des courbes $C_z = f(i)$ est plus grande pour le courant plan que pour la courbe obtenue par le calcul en partant d'un allongement fini ;

Enfin que la pente de la courbe $C_z = f(i)$ relative au courant plan que nous avons réalisé est les 92/100 de la pente théorique.

Cet ensemble de résultats semble bien montrer que nous avons réalisé un courant plan capable de rendre service en aérodynamique expérimentale.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le problème fondamental concernant l'aile d'envergure finie.* Note (¹) de M. **L. Malavard**, présentée par M. H. Villat.

1. On a vu (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 599) que, pour réaliser la méthode électrique de résolution de l'équation intégrale de la circulation, on doit prendre, dans l'intervalle $-b+b$, des électrodes E (équidistance ε). Soit l'une d'elles E_n. Puisque la fonction $R(x)$ précédente est

(¹) Séance du 24 octobre 1932.

relative à l'unité de longueur, c'est une résistance

$$R_n = \frac{R}{\varepsilon} = \frac{c_1 t_n \rho}{4 h \varepsilon}$$

qu'il faudra relier à l'électrode considérée. Le potentiel à établir à l'autre extrémité de cette résistance sera

$$\bar{\varphi}_n = -\frac{c_1 V t_n \alpha_n}{2}$$

et le potentiel φ_n mesuré pour l'électrode elle-même donnera la circulation : $\Gamma_n = -2\varphi_n$ (Γ_n, t_n, α_n étant relatifs au milieu de l'électrode considérée). Il est indiqué de réaliser R_n au moyen d'une colonne de même liquide que celui du bassin (ρ est le même) de section droite σ, de longueur a_n définie par

$$R_n = \frac{a_n \rho}{\sigma}, \qquad \text{d'où} \qquad a_n = t_n c_1 \frac{\sigma}{h\varepsilon}.$$

2. Dans notre appareil ces R_n sont réalisés par les dix compartiments d'une boîte en ébonite ABCD adjacente au bassin ; chaque compartiment est muni d'une électrode E plongeant d'une part dans ce compartiment, d'autre part dans la cuve, et contient également une électrode auxiliaire $\bar{E}$ mobile, dont la distance à E définit a_n, et qui sera portée au potentiel $\bar{\varphi}_n$. L'axe Ox est ainsi représenté par le bord de la boîte prolongé par les deux électrodes E_0, E'_0 (potentiel zéro) (*fig.* 1).

L'alimentation électrique est assurée par l'intermédiaire d'un potentiomètre linéaire P alimenté par la bobine d'induction. L'une des extrémités (zéro) de P est réunie à $E_0 E'_0$. Les électrodes $\bar{E}_n$ sont reliées à des prises de potentiel mobiles sur P et dont les positions sont à régler pour obtenir les $\bar{\varphi}_n$. Les prises e débitant du courant, la chute de potentiel de P n'est pas linéaire et le potentiel des prises n'est pas proportionnel à leur distance : on utilise donc pour régler la position de ces prises un autre potentiomètre P' monté en parallèle de P. Les deux bornes d'un écouteur T étant l'un en e, l'autre en e' de P', le silence est obtenu lorsque e et e' sont au même potentiel (mesuré alors par la distance de e' à l'extrémité zéro de P'). Les tâtonnements pour placer les électrodes e sont rapides si l'on choisit convenablement les résistances de P et P'. Même méthode pour la mesure des φ_n donnant, comme il a été dit, les valeurs de la circulation.

3. Des expériences très nombreuses, dans lesquelles j'ai été dirigé par M. Pérès, ont porté sur les cas suivants :

Ailes rectangulaires, pour les allongements $0{,}5\,c_1$, $0{,}75\,c_1$, c_1, $2\,c_1$. — Dans ce cas les a_n et $\overline{\varphi}_n$ sont indépendants de n et $\Gamma_n = \varphi_n/\overline{\varphi}.c_1 V t\alpha$. Nous donnons par exemple, dans deux cas, les valeurs de $\varphi_n/\overline{\varphi}$ obtenues à la cuve électrique

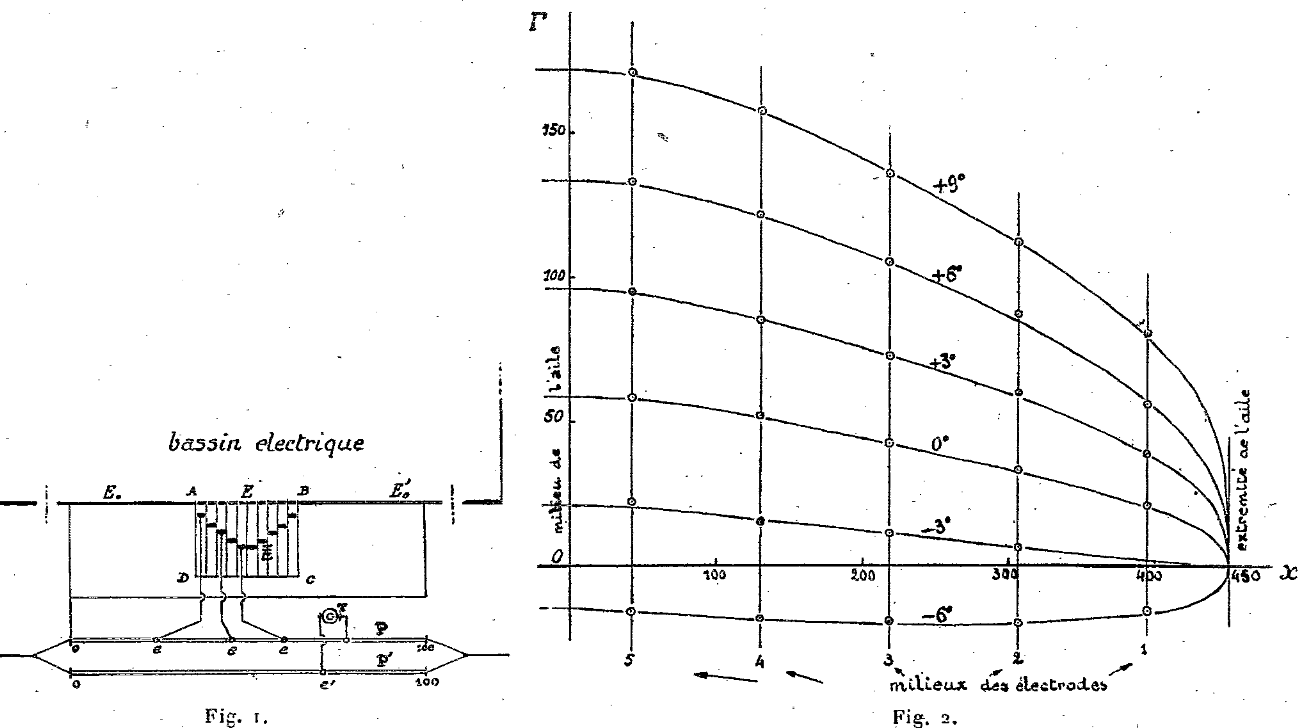


Fig. 1.

Fig. 2.
Les courbes ont été obtenues par la méthode du calcul numérique.
Les points ⊙ sont donnés par la méthode électrique.

ainsi que les mêmes valeurs telles qu'elles résultent du calcul numérique.

		Électrodes :	1.	2.	3.	4.	5.
(c_1)	$100\frac{\varphi_n}{\overline{\varphi}}$	Méthode électrique........	43,2	57,0	63,8	67,4	69,0
		Calcul..................	43,3	58,0	64,5	68,0	69,5
$(2c_1)$	$100\frac{\varphi_n}{\overline{\varphi}}$	Méthode électrique........	57,7	73,0	79,5	82,0	83,2
		Calcul..................	58,2	73,2	78,9	81,8	83,1

Ailes elliptiques. — Les résultats seront publiés ultérieurement.

Ailes de forme quelconque. — Aile pour laquelle le calcul numérique avait été effectué avant sa mise en essais par la Société Provençale de Constructions Aéronautiques. La figure 2 donne les courbes calculées (communiquées par la S.P.C.A.) sur lesquelles nous avons placé les points donnés par la méthode électrique.

On voit que, dans l'ensemble, la méthode électrique est en bon accord avec les méthodes de calcul numérique et peut les suppléer. Les résultats en sont sûrs, pourvu que l'on prenne des précautions (en particulier pour l'équilibre des températures). Il faut ajouter que les résultats précédents ont été obtenus avec un appareil d'essai, nous espérons améliorer notablement la précision dans un nouvel appareil.

GÉOLOGIE. — *Les dépôts marins du second cycle miocène du Maroc occidental.* Note (¹) de M. **Jacques Bourcart.**

Dans la région prérifaine, le *schlier* est presque toujours recouvert par une épaisse série d'argiles très bleues lorsqu'elles sont fraîches, jaunissant à l'air, et souvent gypsifères. La faune se caractérise essentiellement par des *Schizaster,* des Polypiers isolés : *Ceratotrochus*, *Trochocyathus*, des *Pecten* : *P. Fuchsi* Font., *Amussium cristatum* Bronn et de nombreux Gastéropodes et Lamellibranches appartenant tous à la faune du *tegel* (²), ainsi que par des dents de Squales.

En certains points, à la partie supérieure, notamment près de Souk-el-Arbà-du-R'arb (F. Daguin) et à Sidi-Mouça-el-Harrati, près de Dar-bel-Hamri, on peut récolter des faunes à Pleurotomes et *Ancillaria* analogues à celles de Tortona, de Cabrières d'Aigues ou de Saubrigues.

Les argiles bleues débutent brusquement, ravinant le schlier, ou reposant sur des formations quelconques, notamment sur l'Éocrétacé dans la région d'Ouezzan et de Souk-el-Arba. Lorsque l'on peut examiner leur base, comme à El-Kanséra ou sur les bords de l'Ouerr'a, on observe souvent, soit un étroit cordon de galets noyés dans l'argile, soit plus souvent de boules de *Lithothamnium* avec *Purpura hæmastoma* L. En quelques points assez rares : à hauteur du Djebel Djebil, sur les anticlinaux qui percent les marnes bleues de Souk-el-Arba au Djebel Djorfa à l'est d'Aïn-Defali (dont le plus bel exemplaire est le Djebel Kourt) et très probablement dans les sillons miocènes du Rif méridional qu'a décrits M. P. Russo, c'est par des formations gréseuses que débute le second cycle de sédimentation miocène.

(¹) Séance du 24 octobre 1932.

(²) Jacques Bourcart, *Problèmes soulevés par l'étude stratigraphique du R'arb marocain* (*Livre jubilaire Soc. Géol. de Fr.*, 1, p. 173-176).

Ce sont, au pied du Djebel Djebil, des *nagelfluh* contenant des petits individus de *Chlamys scabriusculus* Math., au Djebel Kourt et dans les anticlinaux analogues, des grès roux à Bryozoaires avec *Pecten benedistus* Lk., *Flabellipecten Almerai* Dep. et Rom., var. *saheliensis* Dep. et Sol., *F. incrassatus* Partsch, *Chlamys multistriatus* Poli, *Chl. seniensis* Lk., *Chl. scabrellus* Lk., var. *bollenensis* Font., *Chl. opercularis* L., *Modiola adriatica* Lk., *Ostrea (Lopha) hyotis* Lk., *Archimediella Archimedis* Brongn., *Terebratula persinuosa* Dep.

A Aïn-Guettara, près de Souk-el-Had-Kourt, on observe sur ces grès, après une certaine épaisseur de marnes bleues, un niveau sableux à Bryozoaires, renfermant un *Chlamys* du groupe *scabrellus*, analogue aux échantillons de *Chl. præscabriusculus* de la Mission d'Andalousie.

Ce facies se retrouve dans la région de Taza au Rouf, où Louis Gentil [1] a en outre recueilli *Pecten latissimus*, *P. gigas* Schloth, *P. revolutus* Michelot, *Cardita Jouanneti* Bast., *Flabellipecten fraterculus* Sow. On peut aussi l'observer à la base des couches pliocènes d'Aïn-Zitoun à Tanger et dans la vallée de l'oued Martin, à l'ouest de Tétouan. C'est à ce niveau qu'il y a lieu d'attribuer les grès de Sidi-Embarek cités comme burdigaliens par M. F. Daguin. Les grès se rencontrent non seulement à la base des marnes bleues, mais aussi souvent intercalés dans leur masse.

A la partie supérieure, les marnes passent progressivement à un facies sableux, mais plus littoral : les grès à *Chlamys Gentoni* Font. de Bab-Guissa à Fez, les célèbres sables sahéliens de Dar-bel-Hamri (reposant sur des argiles bleues typiques à *Amussium cristatum* qui affleurent dans le lit de l'oued Beht), les bandes sableuses de la gare d'Arbaoua avec *Flabellipecten fraterculus*, *Chlamys gloriamaris*, etc. et les sables roux à *Ostrea crassissima* de Mzefroun (sous le Pliocène).

Les conglomérats à *O. crassissima* qui, de Meknès à Fez, constituent le substratum des calcaires du Saïs, en représentent un équivalent latéral.

Il paraît résulter de ces faits que l'on peut reconnaître dans le Miocène deux cycles distincts de sédimentation : l'un débute par la transgression burdigalienne et se poursuit par le *schlier;* l'autre, qui le ravine, commence quelquefois par des grès roux, et est essentiellement formé par le *tegel.* Il se termine par les sables ou cailloutis « sahéliens ». Il est difficile de caractériser les différents niveaux à l'aide des seules faunes de Pectinidés; pourtant certains fossiles, comme les *Pecten gigas*, *latissimus* et *Cardita Jouan-*

---

[1] *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1156.

neti, sont encore inconnus dans les sédiments du premier cycle, et le niveau à Pleurotomes est certainement tortonien. Nous croyons donc plus adéquat d'employer le terme de Vindobonien, en faisant commencer cet étage à la transgression, si générale en Europe, de sables de Grund.

La répartition géographique des formations du second cycle est assez différente de celle du premier. La transgression a atteint le massif bético-rifain où elle dessinait quelques golfes. La mer paraît s'être largement étendue sur tout le Rif méridional, ne laissant subsister que quelques îles [1]. Communiquant facilement avec le reste de la Méditerranée par le seuil de Taza, elle s'étend en revanche moins loin vers le Sud. Les marnes bleues remplissent pourtant un grand golfe qui pénètre profondément dans le Moyen Atlas jusqu'à Ahermoumou avec une abondance de *Crassostrea* qui indique un cordon littoral à Palétuviers. Vers l'Ouest, les argiles bleues ne sont plus représentées qu'à Rabat où elles ont été rencontrées dans les travaux du tunnel.

Le maximum de profondeur correspond à une courbe parallèle au Rif allant de Souk-el-Arba à Taza, le minimum au massif bético-rifain. A la fin du cycle, le comblement se produit et se traduit par des facies à Crassostracées qui n'existent jamais qu'au sommet de la série. Néanmoins on ne connaît encore au Maroc occidental ni facies sarmatiques, ni facies pontiques.

GÉNÉTIQUE. — *Numérations chromosomiques dans les genres* Baptisia, Thermopsis *et* Lathyrus. Note [2] de M. **Marc Simonet**, présentée par M. L. Blaringhem.

La présente Note a pour but de faire connaître le nombre des chromosomes contenus dans les noyaux haploïdes des cellules-mères des grains de pollen de quelques espèces appartenant aux genres *Baptisia*, *Thermopsis* et *Lathyrus*.

Aucun dénombrement chromosomique n'a encore été effectué chez les *Baptisia* et les *Thermopsis*; chez les *Lathyrus*, d'après O. Gaiser (1930) et G. Tischler (1931), quatre espèces seulement ont été étudiées par O. Winge (1919), T. Sakamura (1920), J. Latter (1926), C. Punnett

(1) P. et L. Russo, *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 15, 1929, p. 107.

(2) Séance du 24 octobre 1932.

(1927), T. Maeda (1928) et N. Corti (1930); tous ces auteurs ont noté, soit $n=7$, soit $2n=14$ chez l'une ou l'autre des espèces *L. latifolius*, *odoratus*, *vernus* et *Aphaca*.

Nos investigations ont porté sur des plantes provenant des collections du Service Expérimental des Établissements Vilmorin à Verrières-le-Buisson (Seine-et-Oise) et du Muséum d'Histoire naturelle de Paris. Pour éviter toute erreur dans la nomenclature du matériel étudié, toutes les espèces critiques ont été revues et contrôlées. La recherche du nombre des chromosomes a été faite d'après la méthode au carmin-acétique que nous avons longuement décrite ailleurs (1).

Pour les *Baptisia*, nous avons trouvé $n=9$ chez *B. australis* R. Br. et *B. sulphurea* Engelm.; ces nombres ont été déterminés dans les plaques équatoriales de la première division de maturation. Les chromosomes sont globuleux et, parmi ceux-ci, 3 gemini sont un peu plus gros que les autres.

Chez les *Thermopsis*, nous avons observé une même structure de noyau que dans les *Baptisia*, $n=9$ chez *T. montana* Nutt.; ce nombre a été observé à la métaphase hétérotypique, les chromosomes sont également globuleux et il existe aussi 3 gemini plus volumineux.

Quant aux *Lathyrus*, nous avons trouvé $n=7$ chez les espèces suivantes: *L. angulatus* L., *annuus* L., *Aphaca* L., *articulatus* L., *Cicera* L., *cirrhosus* Ser., *Clymenum* L., *ensifolius* Bad., *grandiflorus* Sibth. et Sm., *heterophyllus* L., *hirsutus* L., *latifolius* L., *maritimus* Bigel., *Nissolia* L., *numidicus*. Batt., *Ochrus* D. C., *odoratus* L., *pubescens* Hook. et Arnot, *rotundifolius* Wild., *sativus* L., *silvestris* L., *sphæricus* Retz., *tingitanus* L., *vernus* Bernh.

Les chromosomes de toutes ces espèces sont très gros et plus ou moins anguleux; ils ont été observés à la première ou à la seconde division réductionnelle. Aucune différence notable n'a pu être faite, à ces différents stades, entre les éléments caryologiques des espèces vivaces et annuelles et, parmi ces dernières, entre celles à gros grains et celles à petits grains.

La découverte d'un même nombre de chromosomes chez vingt-quatre espèces différentes de *Lathyrus* est intéressante; elle montre, en particulier, la remarquable fixité d'un même ensemble chromosomique au sein de toutes les espèces d'un même genre. On sait, en effet, qu'il en est tout autrement dans le règne végétal, dont les espèces de la plupart des genres étudiés se caractérisent plutôt soit par des variations chromosomiques

(1) M. Simonet, *Bull. Biol. de France et de Belgique*, 66, 1932, p. 255-446.

aneuploïdes : *Carex* (O. Heilborn, 1924), *Iris* (M. Simonet, 1932), etc., soit surtout par des variations polyploïdes : *Rosa* (G. Täckholm, 1922), *Senecio* (K. Afzelius, 1922), etc.

Déjà les recherches de : E. Strasburger (1882), L. Guignard (1884), etc., chez les *Lilium*, tous à $n = 12$; A. Fuchs et H. Ziegenspeck (1924) chez les *Orchis*, tous à $n = 10$; de D. Karpechenko (1925) chez les *Phaseolus*, tous à $2n = 22$; de O. Meurman (1928) chez les *Ribes*, tous à $n = 8$, faisaient entrevoir la possibilité d'une telle uniformité. Mais, à notre connaissance et jusqu'à ce jour, celle-ci ne semble pas avoir été mise en évidence avec autant de netteté que dans le cas présent, sauf cependant par W. Bangham (1929), qui a trouvé $n = 13$ chez vingt-trois espèces différentes de *Philadelphus*.

Nos recherches confirment donc bien, malgré que ce fait soit plutôt rare, que les espèces de certains genres peuvent n'avoir subi, ou ne subir encore, aucune variation chromosomique au cours de leur évolution.

Signalons aussi que chez les *Baptisia* et les *Thermopsis*, $n = 9$ est un nombre nouveau pour la famille des Légumineuses chez laquelle, d'après les listes établies par O. Gaiser (1926, 1930) et G. Tischler (1927, 1931), il n'a été observé que les nombres suivants : $n = 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 24, 26, 32$ et 90.

Notons enfin que $n = 7$ caractérise presque toutes les plantes de la tribu des Viciées : la plupart des *Vicia*, les *Pisum*, les *Cicer* et les *Lens*, c'est-à-dire des genres très voisins, ont ce même nombre). Il en est encore ainsi pour les *Baptisia* et les *Thermopsis*, chez lesquels nous avons trouvé $n = 9$. Ces deux genres sont étroitement alliés; d'après L. Capitaine [1], ils appartiennent à la même tribu, les Podalyriées, et ne diffèrent que très peu l'un de l'autre : les *Baptisia* ont l'ovaire stipité et la gousse ovoïde, globuleuse ; tandis que les *Thermopsis* ont l'ovaire subsessile et la gousse oblongue, linéaire. Ainsi, du moins dans le cas présent, une même garniture chromosomique semble définir un même groupe de plantes.

La séance est levée à 15h45m.

É. P.

---

[1] *Étude analytique et Phytogéographique du Groupe des Légumineuses* (Paris, P. Chevalier, 1912).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 NOVEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Sénateur **Giuseppe Sanarelli**, Directeur de l'Institut d'Hygiène de l'Université de Rome, et à M. **Thomas Wayland Vaughan**, Directeur de la *Scripp's Institution of Oceanography* (Basse Californie), qui assistent à la séance.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le secret de Java*. Note [1] de M. **J. Costantin**.

C'est du secret du Séreh qu'il s'agit ici. Ce mot, qu'on peut s'étonner de lire dans une publication scientifique, a été employé pour la première fois dans un Mémoire de Kobus.

A la date de 1903 [2], il écrivait que Wakker, directeur de la station du sucre de l'Est-Java, concentra tous ses efforts sur « la recherche des causes du Séreh qui menaçait d'exterminer la Canne à Java. Il fit, dit-il, d'intéressantes et efficaces recherches sur d'*autres* maladies de la Canne, mais, pas plus que M. Went, il ne réussit *à découvrir le secret de Séreh* ».

En s'exprimant ainsi, Kobus laissait penser que l'on n'avait pas *expliqué* le phénomène mystérieux qui portait ce nom. Sa façon de s'exprimer pouvait faire croire que quelque chose restait caché. En réalité, il voulait dire qu'on n'en connaissait pas la

---

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) *Journ. d'Agric. trop.*, 3, XXVI, 1903, p. 241. Voir aussi *Rev. cult. colon.*, 8, LXXVI, 1901, p. 265, et *Ann. du Jardin Bot. de Buitenzorg*, 2e série, 3, 1901 66 pages en allemand.

cause et, fait plus surprenant, qu'on n'arriverait pas à la découvrir et ceci s'est trouvé exact. On était en droit de dire qu'une maladie qui paraissait contagieuse, mais qui ne révélait la présence d'aucune Bactérie [1], d'aucun Champignon était un mystère. Aujourd'hui on tend à rattacher le Séreh aux affections à virus, qui sont peut-être des microbes invisibles. L'énigme subsiste toujours mais ce n'est plus un secret.

On peut envisager une autre interprétation du mot secret et dire que Kobus l'appliquait à la technique employée pour arriver à la guérison et il pouvait sous-entendre qu'elle n'avait peut-être pas été entièrement publiée. Cependant, avant de mourir en 1889, Soltwedel avait intégralement fait connaître comment il opérait; mais la pratique culturale des boutures alpestres était tellement simple, puisqu'elle rappelait celle du dernier des laboureurs, ce secret-là paraissait bien être celui de tout le monde [2] et l'on pouvait penser que Kobus savait qu'il y avait autre chose.

Y avait-il réellement un tour de main non décrit, qui n'était connu que de quelques initiés, comme un secret de fabrication dans une usine ? On pourrait le penser.

On a émis l'hypothèse (due à M. L. Brunehant, membre de l'Académie d'Agriculture) que c'était une technique de *jardinage* que l'on employait à Java pour la Canne. Ce mot n'était pas très explicite; il pouvait sous-entendre : bouturage, repiquage, semis, etc., opérations que font d'ordinaire les jardiniers ou les horticulteurs. On n'éclaircit pas ainsi la question, même quand on invoque en plus une savante irrigation et une abondance de main-d'œuvre dans un pays surpeuplé. Si le jardinage est le tour de main secret de Java, pourquoi cette méthode prétendue efficace est-elle *impuissante en plaine ?* C'est ce que Kuyper a établi cependant avec précision en 1925. Si elle ne réussit qu'en montagne, c'est donc que l'altitude et le climat alpestre interviennent.

Pourquoi Kobus, en 1903, a-t-il employé l'expression : « secret du Séreh » ? Voulait-il dépister les concurrents de la Hollande ? On serait assez tenté de le croire. Il avait, en effet, révélé, en 1901, l'énorme importance pratique de la méthode de Soltwedel [3], ce que tout le monde ignorait jusqu'alors; il dévoilait ainsi le secret; on peut supposer qu'il a cherché

---

(1) En 1923, Wolzogen-Kühr a cru que la cause du Séreh était le *Bacterium herbicola* Burri et Duggeli; la preuve n'a jamais été donnée.

(2) Depuis 1889, l'utilisation de la cure d'altitude et son efficacité ont été attestées : en 1898 (Wakker et Went), en 1900 (Congrès agricole de l'Exposition universelle de Paris), en 1902 et 1903 (Kobus), en 1915 (Fellinga), en 1919 et 1920 (Van Harreveld), en 1925 (Kuyper), en 1928 (Jeswiet), etc.

(3) 120 *millions de kilogrammes de boutures* envoyés chaque année aux pépinières dans les grandes chaînes volcaniques de Java.

à persuader à tous les étrangers que les Hollandais avaient inventé quelque chose de nouveau et de mieux : la *sélection chimique*. Par conséquent, les lecteurs du savant mémoire de Kobus dans les *Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg* (de 66 pages avec beaucoup de chiffres et d'expériences) devaient penser que la cure d'altitude était désormais périmée. Or personne en dehors de Java n'avait envisagé que cette cure était une chose sérieuse; nulle part surtout on n'avait songé à mettre en pratique un procédé qui paraissait aussi enfantin.

Kobus trouvait très justement que la cure d'altitude coûtait extrêmement cher aux planteurs (1) : elle les enrichissait, il est vrai, mais avec des débours très importants. Il crut pouvoir les débarrasser de ce « tribut ». Il s'est fait de si singulières illusions que cela en paraît un peu étrange. A-t-il cru réellement qu'il avait vaincu le Séreh par sa sélection chimique? C'est possible car il le désirait tant. En tout cas, il s'est lourdement trompé. A l'heure actuelle, personne ne parle plus de sa méthode et elle n'est appliquée nulle part. D'un autre côté, non seulement le Séreh existe toujours, mais ce grave fléau est toujours prêt à s'élancer pour porter partout la dévastation et la ruine. Il est toujours nécessaire d'employer la cure d'altitude, qui a même été renforcée (d'après Lyon, en 1920) pour l'exécuter en trois étapes et à trois altitudes différentes.

Depuis 1900, l'hybridation a modifié les méthodes javanaises mais nonobstant les progrès réalisés, les pépinières alpestres sont toujours employées (Jeswiet, 1928).

Soltwedel, malgré sa fin prématurée, a eu l'intuition que l'hybridation allait révolutionner l'industrie de la Canne. C'est d'ailleurs lui qui a découvert, en plus de l'efficacité de la cure d'altitude, la plante sauvage *Kassoer*, qui seule présenta des phénomènes d'immunité vis-à-vis du Séreh et qui a fait entrevoir le salut (2). C'est *au pied* du Mont Tjérémé qu'il fit cette trouvaille capitale, car cette plante allait jouer un rôle de premier plan dans la restauration économique de Java.

Si le premier échantillon de *Kassoer* a été trouvé au pied d'une montagne (qui est en même temps un volcan, d'après les clichés de la collection photographique du laboratoire de Minéralogie du Muséum), ce n'est pas un accident. D'ailleurs Krüger en a trouvé un deuxième exemplaire dans le cratère du Moeriah, autre montagne volcanique. On entrevoit sur quelle piste l'esprit de Soltwedel a dû s'engager : l'immunité de *Kassoer* tient à ce que c'est une plante montagnarde. Cette remarque entraînait l'exploration des montagnes, c'est comme cela que l'habile agronome découvrit bientôt à côté de *Kassoer* une Graminée chétive à tige *mince*, presque sans sucre dans laquelle il reconnut assez vite, mais non sans hésitation, la Canne sauvage

(1) Manutentions et travaux culturaux en montagne, frais de transports ruineux, entraînant une désinfection coûteuse à l'arrivée.

(2) Toutes les variétés cultivées introduites sans maladie à Java des contrées les plus diverses avaient toutes contracté le Séreh.

spontanée (*Saccharum spontaneum*), d'où sont dérivées toutes les variétés cultivées ; sa résistance au Séreh était frappante; les hampes florales qu'elle produisait remplissaient l'air des cratères et des montagnes de pollen qui s'épandait dans les plaines voisines où étaient les grandes cultures de Canne. Par une intuition géniale, Soltwedel a dû comprendre que *Kassoer* devait être un hybride naturel de *Spontaneum* et de *Black-Chéribon* (1). Cela a dû lui paraître évident puisque le Tjérémé était voisin de la résidence de Chéribon où étaient concentrées les grandes cultures de Canne : c'est certainement pour cela que *Kassoer* a été trouvé au pied du Tjérémé (2). L'essai de psychologie scientifique que l'on vient de lire constitue un essai de reconstitution des raisonnements de Soltwedel et de toutes les conceptions qui ont pu ou dû traverser sa pensée. Si j'ai vu juste, cela confirme et consolide sa belle trouvaille de l'immunité et l'étend aux hybrides.

Il est bien certain que c'est Soltwedel qui a trouvé le remède de la cure d'altitude qui a sauvé Java de la ruine et même l'a enrichie; bien que son nom soit resté ignoré, il a fait une grande découverte car elle a une immense portée, c'est un véritable bienfaiteur de l'humanité. Bien que connue de tout le monde, sa technique n'en est pas moins le « secret de Java ».

CORRESPONDANCE.

M. Gaston Fayet prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *G. Bigourdan*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cours de Mécanique rationnelle*, par Jean Chazy. Tome I : *Dynamique du point matériel*.

2° Justin Dupont. *Rapport au Groupe des Industries chimiques à l'Exposition coloniale de* 1931. (Présenté par M. G. Urbain.)

---

(1) Soltwedel n'a pas cherché ou pas eu le temps de prouver cette origine et c'est peut être heureux, car cela l'eût éloigné de son véritable but. En 1928, Jeswiet, à la suite de très longues recherches, a prouvé qu'il avait vu juste et cela constitue une base solide pour mon exposé.

(2) Un cliché de la collection de M. Lacroix porte sur l'étiquette ces deux mots : « Tjérémaï, Chéribon »; la montagne de Tjérémé est donc près de cette résidence, point important pour mon explication.

GÉOMÉTRIE. — *Surfaces réglées algébriques et leurs singularités.* Note [1] de M. **Bertrand Gambier.**

1. M. W. L. Edge a publié en 1931, à Cambridge, un volume consacré aux surfaces réglées algébriques et à leur classification basée sur les quatre caractères : *degré* (égal, comme l'on sait, à la *classe*), *genre*, nature de la *courbe multiple*, nature de la *développable enveloppe des plans pluritangents*. Inutile de revenir sur les raisons qui obligent toute surface algébrique, de degré au moins égal à 3, à posséder une ligne multiple; le cas le plus normal, du moins si l'étude est faite du point de vue *ponctuel*, est celui où la ligne multiple est lieu de points *doubles* (dont partent deux génératrices distinctes, le cas de deux génératrices confondues devant être regardé comme celui des développables et de leur arête de rebroussement). A ce point de vue il y a une certaine analogie entre les surfaces réglées algébriques et les courbes planes algébriques : le théorème de Nœther-Halphen prouve que toute courbe plane algébrique peut, *par une transformation birationnelle plane*, être remplacée par une autre dont les singularités se réduisent à *des points doubles à tangentes distinctes;* si donc, pour certaines études, telles que la recherche des intégrales abéliennes, on peut se borner à ces singularités élémentaires, il n'en résulte pas que l'on doive écarter de parti pris des singularités plus compliquées : réunion en un même point de plusieurs *cycles* (au sens d'Halphen) de degré et classe arbitraires, ayant les uns avec les autres des contacts arbitraires. De même on peut remplacer une surface algébrique réglée S par une autre S′ de sorte que S et S′ se correspondent *birationnellement* (de surface à surface), que les génératrices se correspondent une à une, *un* faisceau de sections planes obtenu en coupant S par les plans qui pivotent autour d'une certaine droite déterminée étant remplacé par un faisceau analogue sur S′, et S′ n'ayant que des lignes doubles. Si l'on fait la classification des surfaces S d'un degré donné, on ne peut se restreindre à ce genre de singularités élémentaires, de sorte que dans les tableaux que M. Edge a dressés complètement pour les degrés 3, 4, 5, 6, il est obligé d'user de l'artifice suivant : une surface S de degré 4 par exemple peut posséder une droite Δ, *directrice et non génératrice*, telle que de chaque point M de Δ partent deux génératrices MG_1, MG_2 coplanaires avec Δ; Δ est alors ligne de raccord de S avec elle-même et toute section plane de S possède au point M situé sur Δ un point double, unique, comptant pour

[1] Séance du 2 novembre 1932.

deux points doubles réunis : M. Edge indique donc non pas Δ, mais 2Δ; de même une surface de degré 5 peut avoir une droite Δ analogue, avec cette aggravation que Δ est de plus une fois génératrice (en même temps que *directrice double*) de sorte que, finalement, Δ est ligne *triple et que chaque section plane présente au point* M *situé sur* Δ *un point triple tel que deux branches soient tangentes :* ce point triple compte pour 4 points doubles et M. Edge emploie la notation 4Δ. Cette notation a le défaut qu'un même nombre entier (sauf 2) peut être obtenu de plusieurs façons : ainsi 4 peut correspondre à une ligne triple, mais aussi à une ligne double.

2. J'ai déjà signalé [*Comptes rendus*, 188, 1928, p. 1342, puis *Annales de la Société polonaise de Mathématiques* (*Surfaces réglées algébriques; singularité, classification*), 7, 1928, p. 148-212] *l'existence de lignes de raccord sur une surface réglée*. M. Edge n'a signalé que le cas d'une ligne de raccord rectiligne. Une surface de degré 4 ne peut avoir comme ligne de raccord qu'une *directrice* rectiligne double; une surface de degré 5 peut présenter soit la disposition indiquée plus haut, soit une ligne multiple composée de deux coniques doubles bisécantes, l'une d'elles étant *ligne de raccord simple*; elle peut aussi avoir une seule conique double, *ligne de raccord double;* dans les tableaux de M. Edge, on trouve signalé le cas de la surface de degré 5 dont la ligne multiple composée de trois coniques doubles est représentée par la notation $B_2^0 + C_2^0 + D_2^0$, l'indice inférieur représentant le degré, le supérieur, le genre; il y a deux cas oubliés (ou du moins dégénérescences) qui sont $2B_2^0 + C_2^0$ ou $3B_2^0$; le cas d'une conique triple est, sur une surface de degré 5, impossible. J'avais, dans mon Mémoire cité plus haut, donné un exemple de la conique de raccord : c'est la surface lieu de la droite mobile d'équations (m paramètre variable)

$$y = 2tx + t^2 + 2tz = 0, \qquad z = m(x-t), \qquad m^2 + m - t = 0.$$

La droite variable d'équations [A, B, A_1, B_1 constantes; m paramètre]

$$y - 2tx + t^2 + 2tz = 0, \qquad z = m(x-t),$$
$$(At + B)m^2 + (1 - 2m)(A_1 t + B_1) = 0,$$

conduit à la surface de degré 5 pour laquelle la parabole $z = 0$, $y - x^2 = 0$ donne le type $3B_2^0$; je n'avais pas, en 1928, su le trouver; ce dernier type et bien d'autres encore, plus compliqués, se trouvent sans peine en remarquant que la condition nécessaire et suffisante pour que les deux droites

$$y - 2tx + t^2 + 2tz = 0, \qquad z = m(x-t)$$

d'une part, et

$$y - 2t_1 x + t_1^2 + 2t_1 z = 0, \qquad z = m_1(x - t_1)$$

d'autre part, se rencontrent, est, soit $t = t_1$ soit $m + m_1 - 2mm_1 = 0$. *Cette dernière relation est indépendante de t et t_1* : si donc on écrit un polynome $F(t, \mu)$ de degré π en t, de degré p en μ, la droite d'équations

$$y - 2tx + t^2 + 2tz = 0, \qquad z = m(x - t), \qquad F\left(t, \frac{m^2}{2m-1}\right) = 0$$

engendre une surface réglée S sur laquelle la parabole (P), $z = 0$, $y - x^2 = 0$, est ligne multiple d'ordre $2p$: sur chaque section plane de S, un point situé sur P est multiple d'ordre $2p$, chaque branche est osculatrice à une autre et simplement tangente aux $(2p - 2)$ restantes, de sorte que le point multiple d'ordre $2p$ équivaut à $(4p - 1)p$ points doubles confondus; la surface est de degré $4p + \pi$ et son genre est celui de la courbe

$$F\left(t, \frac{m^2}{2m-1}\right) = 0.$$

3. Une surface réglée peut posséder des génératrices multiples en dehors des lignes multiples fournies par les intersections de génératrices sécantes; une section plane *quelconque* peut présenter au point de rencontre avec une génératrice multiple une superposition *irrégulière* de cycles (au sens d'Halphen); mais en vertu de *l'irréductibilité* de la surface, en un point de rencontre avec une ligne multiple qui n'est pas génératrice, les divers cycles sont tous de la même espèce et la disposition que chacun d'eux offre vis-à-vis de l'ensemble des autres est la même ponr chaque cycle.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines transformations conformes dans un espace de Riemann*. Note [1] de M. **Potron**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Soit G le groupe des transformations isométriques d'un espace de Riemann à n dimensions, défini par

$$ds^2 = \sum_{i,k} g_{ik} du_i du_k.$$

Soit G_0 le diviseur de G fixant un point ordinaire A (où l'on peut toujours supposer $u_1 = \ldots = u_n = 0$). J'ai obtenu le résultat suivant : *si le groupe G est à $n(n+1)/2$ paramètres, il existe un groupe à un paramètre de transformations conformes dont chacune est permutable à toutes celles de G_0. Ce*

[1] Séance du 2 novembre 1932.

groupe à un paramètre est engendré par une t^{on} ∞^{le} *(transformation infinitésimale)*(1) *de la forme* $\sum_l (u_l + U_l)\partial/\partial u_l$, *les* U_l *étant de degré* $\geqq 2$ *en* $u_1, \ldots, u_n$.

2. Je suppose effectuée, sur $u_1, \ldots, u_n$, une substitution linéaire à coefficients constants, telle que l'on ait, au point A, $ds^2 = \sum_l du_l^2$. Les « cosinus directeurs » $\alpha_1, \ldots, \alpha_n$ des directions issues de A vérifient alors $\sum_l \alpha_l^2 = 1$; et l'on sait que l'action de G_0 sur ces directions est un groupe Γ_0 engendré par les $n(n-1)/2$ t^{ons} ∞^{les}, $\rho_{ik} = \alpha_i \partial/\partial\alpha_k - \alpha_k \partial/\partial\alpha_i$ (2). Je prends alors, pour coordonnées d'un point M, voisin de A, l'arc x_1 de géodésique AM, puis les cosinus directeurs $\alpha_1, \ldots, \alpha_n$ de la tangente à cette géodésique en A, ou bien $n-1$ variables indépendantes $x_2, \ldots, x_n$, en fonction desquelles s'expriment les cosinus directeurs. Je prendrai, par exemple, les coordonnées cartésiennes de la projection centrale, sur le $(n-1)$-plan $\alpha_1 = 1$, du point $(\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$ de la $(n-1)$-sphère $\Sigma\alpha_l^2 = 1$.

3. Le ds^2 prenant alors la forme $\sum_{r,s} h_{rs}\, dx_r\, dx_s$, je démontre que l'on a $h_{11} = 1$, et, quels que soient $x_2, \ldots, x_n$, $\partial h_{1r}/\partial x_1 = 0$, $(h_{1r})_{x_1=0} = 0$, en sorte que

$$ds^2 = dx_1^2 + d\sigma^2, \qquad d\sigma^2 = \sum_{i,k} h_{ik}\, dx^i\, dx^k,$$

i et k parcourant $2, \ldots, n$, et les h_{ik} étant fonctions de $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

4. Je remarque que le groupe G_0 conserve chacune des variétés $x_1 =$ const. (que je désignerai par V_{x_1}), et, sur chacune d'elles, son élément linéaire, qui est $d\sigma$. Un point M de V_{x_1} étant complètement déterminé par les cosinus directeurs de la tangente en A à la géodésique AM, l'action H de G_0 sur les points de V_{x_1} est représentée par son action sur les directions issues de A, c'est-à-dire par l'action de Γ_0 sur les points de la $(n-1)$-sphère $\Sigma\alpha_l^2 = 1$. Un procédé connu (3) permet de déduire, de la représentation paramétrique $\alpha_l^2 = f_l(x_2, \ldots, x_n)$ indiquée au n° 2, les t^{ons} ∞^{les} de H. Ce sont

$$X_h = \frac{\partial}{\partial y_h} + y_h \Sigma y_k \frac{\partial}{\partial y_k}, \qquad X_{jl} = x_j \frac{\partial}{\partial x_l} - x_l \frac{\partial}{\partial x_j},$$

correspondant respectivement à ρ_{1h} $(h = 1, \ldots, n)$ et ρ_{jl} $(j, l = 1, \ldots, n)$.

(1) Voir, par exemple, BIANCHI, *Lezioni sulla Theoria dei Gruppi*. p. 65.
(2) Voir LIE-ENGEL, *Transformationsgruppen*, 3, p. 315.
(3) BIANCHI, *Lezioni sulla Theoria dei Gruppi*, p. 104.

Le groupe H ainsi obtenu est celui des transformations isométriques de l'espace elliptique [1] (de courbure constante 1). Si $d\sigma_1$ désigne l'élément linéaire de cet espace [2], un $d\sigma$ conservé par H sera nécessairement de la forme $K\,d\sigma_1$, K indépendant de $x_2, \ldots, x_n$. Sur V_{x_1} on aura $K = R(x_1)$, et, par suite, $ds^2 = dx_1^2 + R^2(x_1)\,d\sigma_1^2$, $d\sigma_1$ ne dépendant pas de x_1.

5. En exprimant par une intégrale définie, la longueur d'un arc BC de V_{x_1}, et faisant tendre x_1 vers zéro, en sorte que B et C viennent se confondre en A, je montre que $R(x_1)$ est un infiniment petit équivalent à x_1.

Soit alors F une primitive de R^{-1}; l'équation $F(x'_1) = F(x_1) + t$ définit une fonction $x'_1 = f(x_1, t)$ vérifiant

$$f(x_1, 0) = x_1, \qquad \frac{\partial x'_1}{\partial t} = R(x'_1), \qquad \frac{1}{R(x'_1)}\frac{\partial x'_1}{\partial x_1} = \frac{1}{R(x_1)}.$$

Il en résulte que les transformations $x'_1 = f(x_1, t)$ forment un groupe à un paramètre [3], engendré par $X = R(x_1)\partial/\partial x_1$, et qu'on a

$$R^2(x_1)[dx_1'^2 + R^2(x'_1)\,d\sigma_1^2] = R^2(x'_1)[dx_1^2 + R^2(x_1)\,d\sigma_1^2],$$

en sorte que toutes ces transformations sont conformes.

Comme elles opèrent sur x_1 seul, tandis que G_0 agit sur $x_2, \ldots, x_n$ seuls, elles sont permutables à toutes les transformations de G_0.

6. La t^{on} ∞^{le} X, exprimée par les variables primitives $u_1, \ldots, u_n$, devient

$$U = \Sigma \xi_l \frac{\partial}{\partial u_l}, \qquad \xi_l = X u_l = R(x_1)\frac{\partial u_l}{\partial x_1}.$$

Or on sait que $u_l = \alpha_l x_1 + \ldots$, et j'ai montré (n° 5) que $R(x_1) = x_1 + \ldots$; j'en conclus que $\xi_l = \alpha_l x_1 + \ldots$, puis, en faisant tendre x_1 vers zéro dans

$$\frac{\partial \xi_l}{\partial x_1} = \sum_i \frac{\partial \xi_l}{\partial u_i}\frac{\partial u_i}{\partial x_1},$$

que $\xi_l = u_l +$ termes de degré $\geqq 2$.

---

(1) BIANCHI, p. 534, ou LIE, *Transformationsgruppen*, 3, p. 289 et 333.

(2) On a $d\sigma_1 = \dfrac{\Sigma\, dx_i^2}{1 + \Sigma x_i^2} - \dfrac{(\Sigma x_i\, dx_i)^2}{(1 + \Sigma x_i^2)^2}$ (LIE-ENGEL, 3, p. 351).

(3) BIANCHI, p. 64, ou LIE, 1, p. 45.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de sommation de Riemann.* Note [1] de M. **Vignaux**, présentée par M. Hadamard.

I. M. E. Kogbetliantz [2] a introduit une méthode de sommation pour les séries et les intégrales divergentes qu'il appelle procédé de Riemann.

Dans cette Note, je me propose de donner quelques théorèmes relatifs aux produits de séries et d'intégrales sommables par ledit procédé.

Une série $\sum_0 u_n$ est dite *sommable par le procédé de Riemann d'ordre* δ, *bref sommable* (R, δ) *avec la somme* S, *si l'on a* [3] :

$$\lim_{t\to 1}\sum_{n=0}^{\infty}\left(\frac{\sin nt}{nt}\right)^{\delta}u_n=S.$$

Nous avons démontré les théorèmes suivants :

1° *Si la série*

$$u_0+u_1+u_2+\ldots$$

est sommable (R, δ) *avec la somme* u *et la série*

$$v_0+v_1+v_2+\ldots$$

sommable (R, γ) *avec la somme* v, *la série produit* (Cauchy)

$$w_0+w_1+w_2+\ldots\qquad (w_n=u_0v_n+\ldots+u_nv_0)$$

sera sommable (R, $\delta+\gamma+1$) *avec la somme* uv.

2° *Si la série*

$$u_0+u_1+u_2+\ldots$$

est absolument convergente avec la somme u *et la série*

$$v_0+v_1+v_2+\ldots$$

sommable (R, δ)($\delta\geqq 0$) *avec la somme* v, *la série produit*

$$w_0+w_1+w_2+\ldots$$

sera sommable (R, δ) *avec la somme* uv.

---

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1926, p. 125-196.

(3) Le facteur de convergence du type $\left(\frac{\sin nt}{nt}\right)^{\delta}$ vérifie les conditions de O. Perron (*Mathematischen Zeitschrift*, 1920, p. 286).

Si $\delta = 0$, nous avons le théorème de M. Mertens.

II. La définition du procédé de sommation de Riemann se laisse transposer dans le domaine des intégrales divergentes [1].

Une intégrale divergente

$$\int_0^\infty u(x)\,dx$$

est dite *sommable* (R, δ) *avec la valeur* S si l'on a

$$\lim_{t \to 0} \int_0^\infty \left(\frac{\sin x t}{x t}\right)^\delta u(x)\,dx = \mathrm{S}.$$

On démontre aussi les théorèmes suivants :

3° *Si les intégrales*

$$\int_0^\infty u(x)\,dx \quad \text{et} \quad \int_0^\infty v(x)\,dx$$

sont sommables (R, δ) *et* (R, γ) *avec les valeurs u et v respectivement, l'intégrale produit* (Cauchy)

$$\int_0^\infty w(x)\,dx \qquad \text{ou} \qquad w(x) = \int_0^x u(x-t)\,v(t)\,dt$$

est sommable (R, $\delta + \gamma + 1$) *avec la valeur uv.*

4° *Si l'intégrale*

$$\int_0^\infty u(x)\,dx$$

est sommable (R, δ) ($\delta \geqq 0$) *avec la valeur u et si l'intégrale*

$$\int_0^\infty v(x)\,dx$$

est absolument convergente avec la valeur v, l'intégrale

$$\int_0^\infty dx \int_0^x u(x-t)\,v(t)\,dt$$

est sommable (R, δ) *avec la valeur uv.*

Dans le cas de la convergence ordinaire (R, 0), le théorème IV se réduit au théorème de M. Hardy [2] sur le produit d'une intégrale convergente par une autre absolument convergente.

---

(1) KOGBETLIANTZ, *loc. cit.*

(2) *Quarterly Journal of pure and app. Math.*, 35, 1903, p. 22-66.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation de la série trigonométrique de Fourier et de la série conjuguée.* Note [1] de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(x)$ une fonction intégrable au sens de Lebesgue dans l'intervalle $(0, 2\pi)$ et soit

$$(1) \qquad f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

sa série de Fourier. Posons, pour x fixe,

$$\varphi(t) = f(x+t) + f(x-t) - 2A,$$

A étant une fonction de x, égale à $f(x)$ aux points de continuité de $f(x)$. On a donné de différentes conditions suffisantes de sommabilité (C, k) par la méthode de Cesàro de la série (1) en un point fixe avec la somme A.

Dans cette Note nous donnons des théorèmes assez généraux qui semblent épuiser la question de sommabilité (C, k) de la série (1). Pour la dérivée d'ordre non entier $k = n + \delta$, $0 < \delta < 1$, nous employons la définition suivante de Liouville-Riemann :

$$f^{(p)}(x) = \frac{1}{\Gamma(1-\delta)} \int_x^{\pi} (t-x)^{-\delta} f^{(n+1)}(t)\, dt.$$

Pour le polynome

$$\psi(t) = \sum_{\mu=1}^{n} A_{n-\mu}^{p} \cos \mu t + \frac{A_n^p}{2} \qquad (p > 0),$$

nous démontrons l'inégalité nouvelle, $0 < t \leqq \pi$,

$$|\psi^{(k)}(t)| < M \frac{n^{p-1}}{t^{p+1}} + N \frac{n^k}{t^{p+1}},$$

M, N ne dépendant pas de n et t pour chaque k, entier ou non, qui est la base de notre recherche.

Posons alors

$$\mu_k(x) = k x^{-k} \int_0^x (x-t)^{k-1} \varphi(t)\, dt,$$

nous avons démontré les théorèmes suivants :

---

[1] Séance du 2 novembre 1932.

1° *Si, pour un $m > 0$, on a*

$$\Phi_m(t) = \int_0^t |\mu_m(\tau)|\, d\tau = o(t) \qquad (t \to 0),$$

la série (1) *sera sommable* (C, k) *pour chaque $k > m$ avec la somme* A.

Ce théorème comprend comme cas particuliers les théorèmes de MM. Lebesgue, Hardy-Littlewood (¹), Pollard (²), Bosanquet (³).

2° *Si pour $m \geqq 0$ on a*

$$\int_0^t |\mu_m(t)|\, dt = O(t), \qquad \mu_{m+1}(t) \to 0, \qquad t \to 0,$$

la série (1) *sera sommable* (C, k) *pour chaque $k > m$ avec la somme* A.

Ce théorème contient les théorèmes de MM. Noaillone, Pollard comme des cas particuliers.

Considérons le polynome trigonométrique

$$h(t) = \sum_{\mu=0}^{n} A_{n-\mu}^{p} \sin \mu t.$$

Nous démontrons l'inégalité suivante :

$$|h^{(k)}(t)| < \mu \frac{n^p}{t^{k+1}} + N \frac{n^{p-1}}{t^{p+1}} + L \frac{n^k}{t^{p+1}} \qquad (0 < t \leqq \pi),$$

où M, N, L ne dépendent pas de n et de t. En se basant sur cette inégalité nous avons démontré pour la série conjuguée :

$$(2) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin nx - b_n \cos nx),$$

les théorèmes suivants :

3° *Soit $\bar{s}_n^{(m)}(t)$ les moyennes de Cesàro d'ordre $m \geqq 0$ pour la série* (2). *Alors si pour un $m \geqq 0$ on a*

$$\lim_{t \to 0} \delta_m(t) = D, \qquad \delta_m(t) = m t^{-m} \int_0^t [f(x+\tau) - f(x-\tau)](t-\tau)^{m-1}\, d\tau,$$

$$\delta_0(t) = f(x+t) - f(x-t),$$

(¹) *Cambr. Ph. Soc.*, **23**, 1927, p. 681-684.

(²) *Journal London Math. Soc.*, **1**, 1926, p. 233-235.

(³) *London Math. Soc.*, **31**, 1930, p. 144-164.

on aura

$$\lim_{n\to\infty} \frac{\bar{s}_n^{m}(x)}{\log n} = \frac{D}{\pi}.$$

Pour $m = 0$ on obtient le théorème de Lucács [1]. Supposons que l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} \delta_0(t) \cot\frac{t}{2}\, dt = S \text{ est convergente.}$$

Nous démontrons le théorème :

4° *Si pous un* $m \geqq 0$ *on a*

$$\int_0^u |\delta_m(t)|\, dt = o(u) \qquad (u \to 0),$$

la série (2) *sera sommable* (C, μ) *pour chaque* $\mu > m$ *avec la somme* S.

On a des résultats analogues pour la sommation de la série dérivée de (1).

ÉLASTICITÉ. — *Expressions générales des composantes des tensions, ne renfermant comme fonctions arbitraires que des fonctions harmoniques.* Note de M. **P. Papcovitch**, présentée par M. Mesnager.

Nous avons réduit [2] à trois le nombre des fonctions harmoniques arbitraires, formant la solution générale des équations de Lamé, en faisant l'usage du fait que le vecteur harmonique B, dans le second terme de l'expression

$$V = V_0 + B - \frac{1}{4(1-\sigma)} \operatorname{grad}(B.R),$$

peut être modifié par addition d'un vecteur harmonique potentiel arbitraire sans apporter de modifications correspondant à B, dans le troisième terme de cette expression.

Cette réduction du nombre des fonctions arbitraires étant un peu artifi-

(1) *Journal für die reine und angew. Mathem.*, 150, 1920, p. 107-112.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 513.

cielle, il pourrait être préférable de mettre en évidence la quatrième fonction arbitraire, entrant dans la solution examinée, ce qu'on peut faire sous la forme suivante :

$$V = V_0 + B - \frac{1}{4(1-\sigma)}\operatorname{grad}(R.B + \Phi), \tag{1}$$

où $1/2\,\Phi$ est la divergence du vecteur harmonique A_2 (voir la note).

En substituant (1) dans les expressions générales des six déformations, et ensuite ces dernières dans les formules de la loi de Hooke, on obtient pour les six composantes des tensions

$$\left\{\begin{array}{lll} x_x = x'_x + x''_x, & y_y = y'_y + y''_y, & z_z = z'_z + z''_z; \\ x_y = x'_y + x''_y, & y_z = y'_z + y''_z, & z_x = z'_x + z''_x, \end{array}\right. \tag{2}$$

où les x'_x, y'_y, z'_z, x'_y, y'_z, z'_x sont des solutions *particulières* des équations complètes d'équilibre et x''_x, y''_y, z''_z, x''_y, y''_z, z''_x des solutions *générales* des équations *homogènes* correspondantes.

Pour les premières le procédé ci-dessus nous donne

$$\left\{\begin{aligned} X'_x &= \frac{E}{1+\sigma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\nabla^2\varphi_1 - \frac{1}{2(1-\sigma)}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} - \sigma\nabla^2\varphi\right)\right], \\ Y'_y &= \frac{E}{1+\sigma}\left[\frac{\partial}{\partial y}\nabla^2\varphi_2 - \frac{1}{2(1-\sigma)}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} - \sigma\nabla^2\varphi\right)\right], \\ Z'_z &= \frac{E}{1+\sigma}\left[\frac{\partial}{\partial z}\nabla^2\varphi_3 - \frac{1}{2(1-\sigma)}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} - \sigma\nabla^2\varphi\right)\right]; \\ X'_y &= \frac{E}{1+\sigma}\left[\frac{1}{2}\nabla^2\left(\frac{\partial}{\partial y}\varphi_1 + \frac{\partial}{\partial x}\varphi_2\right) - \frac{1}{2(1-\sigma)}\,\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\,\partial y}\right], \\ Y'_z &= \frac{E}{1+\sigma}\left[\frac{1}{2}\nabla^2\left(\frac{\partial}{\partial z}\varphi_2 + \frac{\partial}{\partial y}\varphi_3\right) - \frac{1}{2(1-\sigma)}\,\frac{\partial^2\varphi}{\partial y\,\partial z}\right], \\ Z'_x &= \frac{E}{1+\sigma}\left[\frac{1}{2}\nabla^2\left(\frac{\partial}{\partial x}\varphi_3 + \frac{\partial}{\partial z}\varphi_1\right) - \frac{1}{2(1-\sigma)}\,\frac{\partial^2\varphi}{\partial z\,\partial x}\right], \end{aligned}\right. \tag{3}$$

φ_1, φ_2, φ_3 étant des solutions *particulières* des équations

$$\nabla^2\nabla^2\varphi_1 = -\frac{X}{\mu}, \qquad \nabla^2\nabla^2\varphi_2 = -\frac{Y}{\mu}, \qquad \nabla^2\nabla^2\varphi_3 = -\frac{Z}{\mu} \tag{4}$$

(E, le module de Young, σ la constante de Poisson) et

$$\varphi = \frac{\partial\varphi_1}{\partial x} + \frac{\partial\varphi_2}{\partial y} + \frac{\partial\varphi_3}{\partial z}. \tag{5}$$

Pour les secondes on peut déduire d'une manière analogue

$$
(6)\quad
\begin{cases}
X''_x = \dfrac{E}{1+\sigma}\left[\dfrac{\partial}{\partial x}\Phi_1 - \dfrac{1}{4(1-\sigma)}\left(\dfrac{\partial^2\psi}{\partial x^2} - \sigma\nabla^2\psi\right)\right],\\
Y''_y = \dfrac{E}{1+\sigma}\left[\dfrac{\partial}{\partial y}\Phi_2 - \dfrac{1}{4(1-\sigma)}\left(\dfrac{\partial^2\psi}{\partial y^2} - \sigma\nabla^2\psi\right)\right],\\
Z''_z = \dfrac{E}{1+\sigma}\left[\dfrac{\partial}{\partial z}\Phi_3 - \dfrac{1}{4(1-\sigma)}\left(\dfrac{\partial^2\psi}{\partial z^2} - \sigma\nabla^2\psi\right)\right];\\
X''_y = \dfrac{E}{1+\sigma}\left[\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial}{\partial y}\Phi_1 + \dfrac{\partial}{\partial x}\Phi_2\right) - \dfrac{1}{4(1-\sigma)}\dfrac{\partial^2\psi}{\partial x\,\partial y}\right],\\
Y''_z = \dfrac{E}{1+\sigma}\left[\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial}{\partial z}\Phi_2 + \dfrac{\partial}{\partial y}\Phi_3\right) - \dfrac{1}{4(1-\sigma)}\dfrac{\partial^2\psi}{\partial y\,\partial z}\right],\\
Z''_x = \dfrac{E}{1+\sigma}\left[\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial}{\partial x}\Phi_3 + \dfrac{\partial}{\partial z}\Phi_1\right) - \dfrac{1}{4(1-\sigma)}\dfrac{\partial^2\psi}{\partial z\,\partial x}\right],
\end{cases}
$$

où

$$
(7)\qquad \psi = x\Phi_1 + y\Phi_2 + z\Phi_3 + \Phi,
$$

Φ_1, Φ_2, Φ_3 et Φ étant des fonctions harmoniques arbitraires.

Dans le cas d'absence de forces de volume tous les X'_x, Y'_y, Z'_z, X'_z, Y'_y, Z'_x disparaissent de la solution donnée. On peut cependant supprimer dans ce cas, au lieu de X'_x, ..., Z'_x, tous les X''_x, ..., Z''_x, ce qu'on reconnaît si l'on prend pour les φ_i les expressions générales des fonctions harmoniques. Cela nous donne la solution de M. G. Galerkin, dont les formules (6) et (7) ci-dessus sont un développement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'amélioration de l'isochronisme des pendules par l'emploi de butées élastiques.* Note [1] de M. **J. Haag**, présentée par M. Henri Villat.

1. Le procédé dont il s'agit consiste à disposer, de part et d'autre de la position d'équilibre, deux lames élastiques, sur lesquelles le pendule vient buter aux grandes amplitudes. Bien qu'il soit connu depuis longtemps [2], M. Lavest en a fait une étude expérimentale approfondie, qui l'a conduit à d'intéressants perfectionnements. Il m'a paru utile d'en établir la théorie, afin de dégager les caractéristiques du dispositif *optimum* et d'éviter aux

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) Cf. Bouasse, *Pendule, spiral, diapason*, 1, p. 219.

constructeurs les tâtonnements nécessités par une étude purement expérimentale de la question.

2. Soit θ_1 l'élongation du pendule au début du contact avec la lame élastique. Si l'on suppose que la lame est déjà tendue au préalable, par le moyen d'une butée fixe A, agissant très près du point de contact C avec le pendule, le couple perturbateur est de la forme

$$C = -k(\theta - \theta_2),$$

θ_2 désignant un angle constant, inférieur à θ_1 et dépendant de la position de A. Posons

$$\theta_1 = \theta_0 \sin\varphi_1, \qquad \theta_2 = \theta_0 \sin\varphi_2, \qquad m = \frac{\theta_2}{\theta_1},$$

en appelant θ_0 l'amplitude de l'oscillation. En appliquant la théorie générale des perturbations, on trouve que le *retard diurne* est donné, en secondes et pour $\theta_0 > \theta_1$, par la formule

$$M = 5400\lambda X,$$

en posant

$$X = \frac{\theta_1^2}{\lambda \sin^2\varphi_1} - \frac{\pi}{2} + \varphi_1 + (2m - 1)\sin\varphi_1 \cos\varphi_1,$$
$$\lambda = \frac{16kT^2}{\pi^3 A},$$

et désignant par A le moment d'inertie du pendule et par T sa demi-période. On a ensuite

$$\frac{dM}{d\theta_0} = 10800\left[\frac{\theta_1}{\sin\varphi_1} - \frac{\lambda \sin^2\varphi_1(\sin^2\varphi_1 + m\cos 2\varphi_1)}{\theta_1 \cos\varphi_1}\right].$$

Cette dérivée s'annule pour

$$\frac{\theta_1^2}{\lambda} = z = \frac{\sin^3\varphi_1[(1-2m)\sin^2\varphi_1 + m]}{\cos\varphi_1}.$$

En construisant la courbe représentative de cette fonction, on est conduit aux résultats suivants.

3. Si θ_0 croît à partir de θ_1, M commence par décroître et atteint un certain minimum, auquel correspond un certain point A_1, sur la courbe Γ qui représente M en fonction de θ_0. Puis, M peut augmenter constamment; ou bien passer par un maximum et un minimum, pour augmenter ensuite. Soient A_2 et A_3 les points correspondant à ce maximum et à ce minimum.

Le *cas le plus avantageux* est celui pour lequel les trois points A_1, A_2, A_3 sont confondus, car la courbe Γ possède alors un *contact du troisième ordre* avec sa tangente horizontale et, par conséquent, la fonction M reste sensiblement constante pendant un assez long intervalle. Ce résultat est obtenu pour $m = 0,954$ et $\lambda = 2,7\,\theta_1^2$.

Prenons, par exemple, $\theta_1 = 7°$. Voici le tableau de marche :

θ_0 (degrés)	7.	8.	9.	10.	11.	12.
M (avec ressort)	80	79	82	90	106	125
M′ (sans ressort)	80	104	132	165	202	239

Entre 7° et 10°, *la variation de marche n'est que de* 10 *secondes au lieu de* 85 *secondes.*

4. M. Lavest a eu l'idée d'améliorer encore le dispositif précédent, en renforçant encore l'action du ressort, à partir d'une certaine élongation $\theta_3 > \theta_1$, par le moyen d'une butée B, placée du côté opposé à A. Soient a la distance de B au point O d'encastrement et L la distance OC. Le couple exercé sur le pendule, pour $\theta > \theta_3$, est

$$C = -k'(\theta - \theta_3) + k(\theta_2 - \theta_3),$$

avec

$$\frac{k'}{k} = \frac{4L^3}{(L-a)^2(4L-a)} = 1 + h.$$

Si $\theta_0 > \theta_3$, la correction à apporter à la quantité X du n° 2 est

$$\Delta X = -\frac{h}{2}(\pi - 2\varphi_3 - \sin 2\varphi_3),$$

Reprenons l'exemple du n° 3, en choisissant, par exemple,

$$\theta_3 = \frac{2\theta_2}{\sqrt{3}} \quad \text{et} \quad h = \frac{1}{3} \quad \text{ou} \quad a = 0,12\,L.$$

Les retards diurnes deviennent

80 79 78 79 87 101

Entre 7° et 10°. *la marche reste constante, à deux secondes près.* Elle est constante, à 9 secondes près, entre 7° et 11°.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une disposition particulière des lignes de courant à l'avant d'un obstacle.* Note (1) de MM. **R. Thiry** et **L. Sackmann**, présentée par M. H. Villat.

En entreprenant le travail dont nous exposons aujourd'hui les premiers résultats, nous avions en vue d'étudier de façon détaillée toutes les singularités d'un écoulement d'eau entre glaces parallèles (voisinage des parois, points de décollement, domaines tourbillonnaires, etc.) et de rechercher dans quelle mesure les résultats observés pouvaient être d'accord avec les solutions des problèmes plans de l'hydrodynamique théorique.

Une telle étude ne peut être fructueuse que si les conditions expérimentales sont parfaitement précisées et aussi proches que possible des conditions idéales de la théorie mathématique. Chaque imprécision, chaque irrégularité risque en effet d'apporter son phénomène particulier et la superposition de ces effets simultanés peut présenter le phénomène global sous un aspect complexe qui, même sans aller jusqu'à l'incohérence d'une véritable turbulence, peut être néanmoins difficile à démêler.

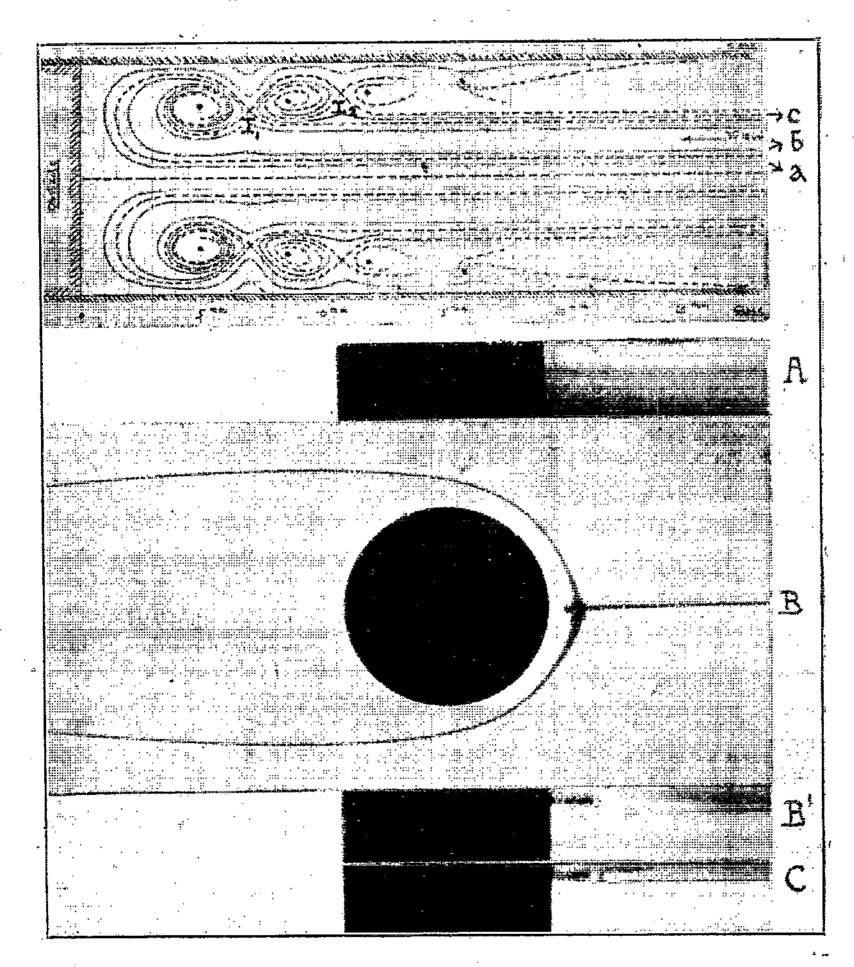
M. Sackmann, qui s'est chargé de la réalisation de la partie expérimentale, a donc construit un tunnel hydrodynamique réalisant ces desiderata. Les dispositifs permettant la régularisation de l'écoulement, la précision de l'émission des filets colorés, les procédés de mesure feront l'objet d'un autre travail.

Nous nous proposons seulement ici de décrire le phénomène remarquable par son élégante complexité qui se présente à l'amont et qui montre combien le mouvement réel peut différer du mouvement par plans parallèles. L'obstacle était un cylindre de révolution de 10^{mm} de hauteur s'appuyant sur les deux glaces. L'appareil présentait par construction deux plans de symétrie, l'un vertical, l'autre horizontal, la direction générale du courant étant naturellement parallèle à leur intersection D. Les vitesses étaient de l'ordre de 10 cm/sec.

Le filet fluide émis exactement suivant D est véritablement un filet de bifurcation qui vient se heurter à l'obstacle, et là s'étale en nappe, à droite et à gauche, *vers le haut et vers le bas*. Celles de ses parties qui atteignent les glaces refluent vers l'amont et balayent sur elles une plage dont l'étendue peut atteindre en avant de l'obstacle une distance de l'ordre de deux fois la hauteur. Si l'on élève très peu le filet fluide, en

(1) Séance du 2 novembre 1932.

restant dans le plan de symétrie vertical, le phénomène reste analogue, mais le filet présente des sinuosités. Sur la figure qui représente le phénomène dans ce plan de symétrie, on obtient la trajectoire du type *a*; la photographie A représente, vue de profil, une trajectoire de ce type. Si l'on continue à élever le filet coloré, brusquement à partir d'une certaine position, il présente un remarquable phénomène d'enrou-



Graphique et photographies montrant les phénomènes d'enroulement.

lement; il bifurque au sein même du fluide en formant deux sortes d'hélices qui contournent l'obstacle à droite et à gauche sans le toucher [1]. C'est la trajectoire du type *b* de la figure; cette disposition est visible d'une façon frappante sur les photo-

---

[1] M. Riabouchinsky (*Société mathématique de France*, **59**, 1931, p. 310) a déjà signalé des enroulements analogues. Bien qu'ils paraissent différer de ceux que

graphies B et B′ qui la représentent par ses deux projections. Si l'on continue encore à élever le filet, brusquement l'enroulement change de place et se situe à l'avant des enroulements qui viennent d'être décrits : ce sont les trajectoires du type *c* de la figure. Et le même phénomène se poursuit; les centres tourbillonnaires sont de plus en plus difficiles à mettre en évidence expérimentalement, mais il y en a vraisemblablement une infinité tendant vers un point limite situé sur la glace et tous les filets du plan de symétrie vertical (et non seulement ceux qui sont voisins du filet de bifurcation) présentent, à des degrés variés, le même aspect hélicoïdal. Ces différents types de trajectoires sont séparés par des trajectoires singulières (en pointillé sur la figure), et ces trajectoires s'entrecoupent en des points de vitesse nulle I_1, I_2, ... La photographie C donne précisément un filet émis suivant une de ces trajectoires singulières, et l'on voit très nettement le filet se bifurquant en I_1 au sein du fluide, une partie produisant une trajectoire ondulée du type *a*, et l'autre formant un enroulement primaire du type *b*.

AVIATION. — *Sur des enregistreurs ultra-sensibles pour avion de variation d'altitude et de température.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Maurain.

Ces appareils ont été construits principalement en vue de l'étude des mouvements ascendants et descendants de l'air, qui, ainsi que le montre l'expérience, sont intimement liés aux variations de température de l'atmosphère et sont la cause principale du « bouchonnement » des avions.

Le variographe d'altitude est destiné à enregistrer les variations d'altitude d'un avion ou d'un ballon avec la précision du mètre sur des parcours de plusieurs kilomètres; il est basé sur le principe classique du statoscope, mais avec un récipient comportant un isolement et une capacité thermique agencés de manière à lui donner une très grande insensibilité aux variations de la température extérieure. Il comporte un enregistrement photographique obtenu en formant l'image d'un index lumineux sur une fente derrière laquelle se déroule une pellicule, et ne présente qu'un encombrement de quelques décimètres cubes.

Afin de se rendre compte si ses indications correspondent bien à des varia-

---

nous observons par le sens, ils leur sont apparentés, et nous reviendrons sur les liens qui les unissent.

D'autre part, Piercy et Richardson (*Phil. Mag.*, 9, 1930, p. 1038) ont étudié dans l'air un phénomène de turbulence à l'avant des obstacles : nous insistons sur le fait qu'aux vitesses où nous opérions, la permanence de l'écoulement était parfaite et qu'il n'y avait aucune trace de diffusion du filet coloré.

tions réelles d'altitude, cet appareil a été vérifié en l'emmenant dans des trains rapides, (un wagon roulant à grande vitesse pouvant être assimilé au point de vue des remous perturbateurs à la carlingue fermée d'un avion); il a permis de relever au mètre près certains profils des lignes de chemins de fer parcourues.

Une pareille précision, pour être lisible sur le diagramme d'enregistrement, nécessiterait une pellicule d'une largeur inadmissible. Pour éviter cet inconvénient, un mécanisme automatique remet l'index au o chaque fois que la variation d'altitude a dépassé 30^{m}.

Le second appareil est un thermographe destiné à enregistrer en aéronef les variations instantanées de la température de l'air. Il se compose d'une spirale en fil de nickel fin qui, placée à l'ombre et bien en dehors du vent de l'hélice, se met instantanément en équilibre de température avec l'air ambiant. Cette spirale correspond avec l'un des bras d'un pont de Wheatstone comportant un galvanomètre extrêmement sensible construit de telle sorte que les mouvements de l'avion soient sans effet appréciable sur lui. Afin d'éviter tout frottement, l'enregistrement est obtenu photographiquement sous forme de courbe sur une pellicule de 1^{m},80 de long se déroulant avec une vitesse uniforme réglable à volonté. On arrive ainsi à enregistrer avec une instantanéité supérieure à la seconde les variations de température au centième de degré près. L'appareil est, comme le précédent, peu encombrant et d'une robustesse permettant un transport et un maniement très faciles.

Disons qu'en dehors de l'application qui est faite de ces instruments à l'étude de la turbulence verticale, d'autres utilisations sont prévues. C'est ainsi que le premier instrument, placé convenablement dans un avion, permet de suivre toutes les fluctuations de la route, et entre autres de se rendre compte de la perfection de conduite d'un pilote, des réactions des mouvements ascendants locaux, des mouvements de tangage plus ou moins prononcés d'un appareil, etc.

Emmené en Méditerranée à bord des avions commerciaux de la ligne Marseille-Tunis, il a permis entre autres de mettre en évidence de larges plages d'ascendance et de descendance de l'air qui se produisent, pour certaines directions de vent, au large des côtes entre Marseille et les Iles d'Hyères, entre 500 et 1500^{m} d'altitude.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur quelques cas particuliers du problème des trois corps avec chocs.* Note de M. RIVELIOVITCH, présentée par M. Hadamard.

Considérons le mouvement newtonien des trois corps P_0, P et P'. Rapportons le mouvement de P à P_0 et de P' au centre de gravité de P_0 et P. Prenons comme variables le système canonique de Jacobi : x_i, p_i et x'_i, p'_i.

Considérons qu'au moment $t=0$, il se produit un choc binaire P_0P. Pour régulariser le problème, appliquons les transformations de Sundman et de Levi-Civita (¹), on trouve finalement :

$$(\mathrm{I})\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{d\xi_i}{du} &= \frac{\partial H}{\partial \omega_i}; & \frac{d\omega_i}{du} &= -\frac{\partial H}{\partial \xi_i} \\ \frac{dx'_i}{du} &= \frac{\partial H}{\partial p'_i}; & \frac{dp'_i}{du} &= -\frac{\partial H}{\partial x'_i} \end{aligned}\right. \qquad (i=1, 2, 3),$$

$$H = -\alpha + \mu\xi + \xi\omega^2\left[\mu' p'^2 - \frac{\alpha'}{r'} - \frac{\alpha''}{r''} - E\right] = 0$$

(E la constance des forces vives fixée d'avance).

Le choc binaire correspond à $u=0$, $\omega_i=0$. Les solutions du système (I) au voisinage du choc seront données par des séries entières et croissantes de u. On trouve facilement qu'elles seront de la forme

$$(\mathrm{II})\qquad \left\{\begin{aligned} \xi_i &= a_1\xi_i^0 + a_2 x'^0_i + a_3 p'^0_i \\ \omega_i &= b_1\xi_i^0 + b_2 x'^0_i + b_3 p'^0_i \\ x'_i &= c_1\xi_i^0 + c_2 x'^0_i + c_3 p'^0_i \\ p'_i &= d_1\xi_i^0 + d_2 x'^0_i + d_3 p'^0_i \end{aligned}\right. \qquad (i=1, 2, 3);$$

les ξ_i^0, x'^0_i et p'^0_i sont les valeurs initiales des ξ_i, x'_i et p'_i à l'instant du choc. Les a_j, b_j et c_j sont des séries entières et croissantes de u, dont les coefficients sont des fonctions symétriques en ξ_i, x'_i et p'_i et invariables par une permutation circulaire des indices i.

Si l'on choisit le plan des xy comme plan de maximum des aires et que l'on applique le théorème de M. Chazy (²) : à l'instant du choc binaire les trois corps se trouvent dans le plan de maximum des aires, c'est-à-dire $x'_3=p'_3=0$, les séries (II) deviennent pour l'indice $i=3$

$$(\mathrm{III})\qquad \left\{\begin{aligned} \xi_3 &= a_1\xi_3^0; & \omega_3 &= b_1\xi_3^0, \\ x'_3 &= c_1\xi_3^0; & p'_3 &= d_1\xi_3^0. \end{aligned}\right.$$

(¹) *Sur les points singuliers...* (*Bull. astron.*, 7, III, 1932, p. 75).

(²) J. CHAZY, *Annales de l'École Normale*, 3e série, 39, 1922, p. 127-128.

Il serait intéressant de considérer quelques cas particuliers :

a. Choisissons les variables initiales de façon que $\xi_3^0 = 0$, *le mouvement est toujours plan;* si l'on revient aux variables primitives, on a

$$\lim_{u=0}\left(x_3 p^2 - 2p_3 \sum_1^3 x_j p_j\right) = 0.$$

b. On peut, en utilisant les équations (III), établir entre les variables des relations simples de façon que *le mouvement dans l'espace n'admette jamais des chocs*, c'est-à-dire que le mouvement soit régulier pour toutes les valeurs du temps. Quatre cas peuvent se présenter :

1° $\xi_3 = x_3 p^2 - 2p_3 \sum_1^3 x_j p_j = 0$. — Les deux corps p et p' décrivent des orbites quelconques dans l'espace qui n'admettent pas de chocs.

2° $\omega_3 = 0$, c'est-à-dire $p_3 = 0$, donc $x_3 = \text{const.} = c$. — Si $c \neq 0$, le corps P reste constamment dans un plan parallèle au plan des xy (plan du maximum des aires) et P′ décrit une courbe gauche quelconque. Si $c = 0$, $x'_3 = p'_3 = 0$. En utilisant les intégrales des aires, on trouve que P se trouve constamment dans le plan des xy et que p' décrit une droite quelconque dans l'espace.

3° $x'_3 = 0$, donc $p'_3 = 0$. — P′ se trouve toujours dans le plan des xy et P décrit la droite P_0P' ; dans ce cas les chocs binaires sont possibles.

4° $p'_3 = 0$, donc $x'_3 = \text{const.} = c'$. — Si $c' \neq 0$, P′ se meut dans un plan parallèle au plan des xy et P décrit une courbe gauche. Si $c' = 0$, on aura le cas 3°.

On peut utiliser les formules (III) pour le calcul effectif des conditions d'un choc binaire dans l'espace. Nous avons démontré (¹) qu'on peut présenter ces conditions sous la forme

$$\text{(IV)} \qquad A\xi_i + Bx'_i + Cp'_i = \omega_i \qquad (i = 1, 2, 3).$$

On peut résoudre ces trois équations par rapport à A, B et C. En utilisant les intégrales des aires (xy — plan du maximum des aires), on trouve

$$\text{(V)} \qquad A = \frac{\omega_3}{\xi_3}, \qquad B = \frac{p'_3}{\xi_3}, \qquad C = -\frac{x'_3}{\xi_3};$$

en comparant ces équations avec les équations (III), on trouvera

$$\text{(VI)} \qquad A = \frac{b_1}{a_1}, \qquad B = \frac{d_1}{a_1} \quad \text{et} \quad C = -\frac{c_1}{a_1}.$$

(¹) *Loc. cit.*, p. 82-88.

Nous avons donc une nouvelle méthode pour calculer les fonctions A, B et C, il faut seulement remplacer dans les a_1, b_1, c_1 et d_1 les ξ_i^0, $x_i'^0$ et $p_i'^0$ par ξ_i, x_i' et p_i'.

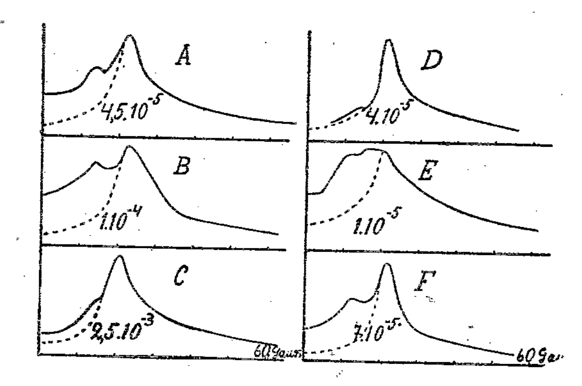
On trouvera donc de cette façon, par l'intégration du système différentiel (I), tous les coefficients de u dans A, B et C. On trouve facilement

$$A=\sum_1^\infty \alpha_k u^k, \qquad B=\sum_7^\infty \beta_k u^k, \qquad C=\sum_{10}^\infty \gamma_k u^k.$$

ÉLECTRONIQUE. — *Les gaz ionisés dans le champ magnétique; pressions plus petites que* 10^{-3} *mm Hg*. Note de MM. **Th. V. Ionescu** et **C. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

En continuant nos expériences (¹) nous avons étudié l'influence de la pression et de la vapeur d'eau sur la conductibilité du gaz ionisé.

Les courbes ci-dessous représentent la conductibilité en fonction du champ magnétique. Les pressions sont indiquées sur les courbes.



La courbe D a été prise en introduisant de l'air frais dans le tube qui n'a pas été chauffé; on observe seulement l'effet des électrons libres. Les courbes A, B, C, qui se rapportent aussi à un tube non chauffé, montrent l'effet des électrons liés. Cet effet augmente quand la pression diminue. Ces courbes ont été obtenues après qu'on eut laissé pendant quelques semaines l'intérieur du tube se dessécher sur du P^2O^5, la pression étant de l'ordre de 10^{-5} mm Hg. Les courbes E et F représentent les conductibilités dans le tube qui avait été chauffé au préalable à 350°, pendant que la canalisation

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1436; 192, 1931, p. 343; 194, 1932, p. 70 et 1330.

était refroidie avec de la neige carbonique. Les mesures faites dans des tubes lavés à l'hydrogène et à l'azote mais qui n'avaient pas été chauffés n'ont pas donné d'électrons liés, même après qu'on eut desséché le tube pendant quelques semaines avec P^2O^5. Mais dans un tube contenant de l'air et de l'hydrogène bien chauffés, nous avons étudié la courbe de résonance des électrons liés entre $\lambda = 2^m$ et $\lambda = 40^m$. L'effet a été très marqué. Pour des pressions si faibles on ne peut pas bien connaître la composition du gaz renfermé dans le tube; mais d'après les résultats obtenus nous sommes arrivés aux hypothèses suivantes :

a. *Hypothèse de l'existence dans le gaz de molécules d'oxygène.* — Cette hypothèse est appuyée par les raisons suivantes :

1° La molécule d'oxygène a une grande affinité pour les électrons (1), et c'est pour cela que même à des pressions très faibles le nombre d'électrons liés est grand;

2° En présence de traces de vapeur d'eau, la mobilité des ions négatifs d'oxygène est changée (2); la fixation de l'eau empêche les vibrations de se produire. *Ceci nous montre pourquoi le phénomène n'apparaît qu'à la condition de sécher longtemps le tube sur du* P^2O^5 *ou de le chauffer à une forte température. Dans ce dernier cas l'effet est très grand, ce qui montre que seulement le chauffage peut éliminer complètement la vapeur d'eau;*

3° La molécule d'oxygène a un champ magnétique intérieur et, dans ce champ, l'électron tournant exécute le mouvement de précession.

b. *Hypothèse de l'existence dans le tube d'hydrogène à l'état de molécules et d'atomes :*

1° A l'état de molécule l'hydrogène a une faible affinité pour les électrons et la susceptibilité magnétique, bien que positive, est très faible (3);

2° On sait que les décharges électroniques transforment ce gaz en hydrogène atomique lequel a un moment magnétique. Mais il faudrait savoir comment se comporte l'hydrogène atomique en présence des électrons et de la vapeur d'eau pour qu'on puisse contrôler cette hypothèse en utilisant nos résultats.

L'étude de la propagation dans la haute atmosphère des ondes de longueurs d'ondes supérieures à 10^m a montré que les couches réfléchissantes se trouvent à de grandes altitudes. Les calculs faits en partant de nos résul-

(1) P. Curie, *Œuvres*, Paris, 1908, p. 232.
(2) M. Laporte, *Ann. de Phys.*, 8, 1927, p. 466.
(3) M. A. da Silva, *Ann. de Phys.*, 7, 1929, p. 99.

tats nous ont montré que ces ondes sont puissamment réfléchies pour des pressions plus petites que 10^{-4} mm Hg, c'est-à-dire pour des hauteurs plus grandes que 150^{km}. On doit trouver de l'oxygène même à ces altitudes.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sensibilité dans le spectre des piles à électrodes de cuivre recouvertes de sous-oxyde de cuivre*. Note de M. **G. Athanasiu**, présentée par M. A. Cotton.

L'intérêt présenté par les piles photovoltaïques à électrodes de cuivre recouvertes de sous-oxyde Cu^2O est accru depuis que l'on construit, comme on sait, en employant de telles lames de cuivre oxydé des cellules photoélectriques à couche d'arrêt : j'ai donc repris l'étude de ces piles, étudiant surtout la variation de leur sensibilité dans le spectre.

Préparation des électrodes et méthode de mesure. — Les électrodes de cuivre électrolytique ont été recouvertes d'une couche mince et adhérente de sous-oxyde de cuivre par trois méthodes différentes : 1° par la méthode que j'ai employée déjà [1] (action directe d'une solution diluée de SO^4Cu contenant de l'air); 2° par la méthode de Garrisson [2] (plaques traitées par du chlorure cuivrique dilué et abandonnées dans l'eau); 3° en chauffant durant quelques minutes dans un four électrique les lames de cuivre jusqu'à 1000°C. environ et en les refroidissant ensuite brusquement. La couche d'oxyde de cuivre formée se détache et l'électrode reste couverte d'une couche de sous-oxyde. Les électrolytes utilisés pour la formation des piles ont été des solutions 1/10N de SO^4Cu, KCl ou NO^3K.

La sensibilité de ces piles étant limitée au spectre visible j'ai utilisé, pour séparer les radiations, un monochromateur à optique de verre. L'énergie de chaque radiation a été mesurée à l'aide de la pile thermo-électrique. Pour les solutions de sulfate de cuivre, qui sont absorbantes dans la partie rouge du spectre, j'ai fait la correction concernant l'affaiblissement de la lumière dû à l'absorption. Les f. é. m. ont été mesurées par les méthodes données dans mes travaux antérieurs.

Les résultats se rapportent à des couches de très faible épaisseur.

Résultats. — En ce qui concerne le sens de la f. é. m. produite par la lumière, il a toujours été, pour les électrodes préparées par la méthode 1,

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 386; *Ann. de Phys.*, 10e série, 4, 1925, p. 341.
(2) Allen Garrisson, *Journ. of Phys. Chem.*, 27, 1923, p. 601.

négatif (le courant va, dans le circuit extérieur, de l'électrode restant dans l'obscurité à celle qui est éclairée). Les électrodes obtenues par la méthode de Garrisson donnent parfois, comme il l'avait indiqué lui-même, des f. é. m. positives mais je pense, comme Van Dyck [1], que cet effet positif peut être expliqué par la présence de l'oxyde de cuivre (CuO) qui peut se former en même temps que le sous-oxyde (Cu^2O) sur l'électrode de cuivre et qui donne toujours une f. é. m. positive à la lumière. Pour les électrodes obtenues par la méthode 3, à l'aide du four électrique, on obtient aussi, quelquefois, des f. é. m. positives mais ici la présence de l'oxyde de cuivre (CuO) sur l'électrode est souvent nettement visible sous la forme de taches noires. En évitant d'éclairer ces taches on peut supprimer toute trace d'effet positif et l'on obtient l'effet négatif seulement. Dans les trois cas la f. é. m. *négative* produite par la lumière peut être augmentée en rendant alcalin l'électrolyte de la pile.

On peut donc conclure que, en général, une électrode de cuivre recouverte d'une couche mince de sous-oxyde de cuivre et plongée dans des électrolytes neutres ou alcalins donne une f. é. m. négative par éclairement.

En ce qui concerne la sensibilité dans le spectre, des mesures faites sur un très grand nombre d'électrodes m'ont donné les résultats suivants : La sensibilité commence toujours vers la radiation 6500 Å, augmente quand on avance vers les petites longueurs d'onde, présente un maximum et diminue ensuite vers l'extrémité violette du spectre visible. Pour les électrodes obtenues par la méthode 1, le maximum de sensibilité est placé quelquefois dans la région 4600-4800 Å, d'autres fois dans la région 5100-5500 Å.

Les électrodes obtenues par la méthode de Garrisson ont un maximum de sensibilité situé entre 5100 et 5800 Å. Enfin les électrodes obtenues par la méthode du four présentent un maximum de sensibilité se trouvant entre 4600 et 4800 Å. Quand, pour une certaine pile, on rend alcalin l'électrolyte dans le but d'augmenter la sensibilité, le maximum de sensibilité ne se déplace pas. Ces faits peuvent être expliqués si l'on admet la présence de l'oxyde de cuivre mélangé au sous-oxyde sur l'électrode. En effet, l'oxyde de cuivre donne, à la lumière, des f.é.m. de sens contraire à celles données par le sous-oxyde ; le maximum de sensibilité de l'oxyde est dans le violet vers 4046 Å et il est sensible aussi dans la partie rouge 6500-8000 Å du

[1] W. J. D. Van Dyck, *Zeit. Phys. Chem.*, 127, 1927, p. 249.

spectre visible tandis que le sous-oxyde ne commence à être sensible que vers 6500 Å. La présence de l'oxyde de cuivre peut donc avoir les effets suivants : 1° diminuer la f.é.m. produite par la lumière et 2° déplacer le maximum de sensibilité vers le rouge. En dessinant sur la même feuille une courbe typique de sensibilité du sous-oxyde et une autre courbe se rapportant à l'oxyde de cuivre on peut se rendre compte de la courbe de sensibilité résultante. En faisant de pareils dessins avec des courbes correspondant à des proportions de plus en plus grandes d'oxyde de cuivre on obtient des courbes résultantes de sensibilité pareilles à celles obtenues expérimentalement. En particulier on observe l'inversion du sens de la f.é.m. avec la longueur d'onde en accord avec l'expérience. Si l'on veut choisir parmi les courbes obtenues expérimentalement celles qui se rapportent au sous-oxyde pur on doit prendre celles pour lesquelles le maximum est placé vers les plus petites longueurs d'ondes car ce sont celles qui sont le moins influencées par la présence de l'oxyde de cuivre. On peut donc dire que le maximum de sensibilité propre aux électrodes de cuivre recouvertes de sous-oxyde de cuivre est placé dans la région 4600-4800 Å.

OPTIQUE. — *C'est l'effet Esclangon qui fut observé par M. Miller au Mont Wilson.* Note de M. **E. Carvallo.**

1. Un rayon lumineux réfléchi est dévié par la vitesse du miroir réflecteur entraîné dans le mouvement de la Terre. C'est l'effet étudié par M. Esclangon ([1]). Il se laisse prévoir et calculer par la construction d'Huygens. Il est nul quand la vitesse est parallèle ou perpendiculaire au miroir; *maximum, quand la vitesse est à 45° du miroir*. Une déviation commune en résulte pour les deux rayons de l'interféromètre Michelson, entraînant la même déviation des franges d'interférence. Déviation attribuée à tort par le professeur Miller à une différence de marche entre les deux rayons. Montrer cette erreur est l'objet de la présente Note. Il me faut d'abord rappeler les faits essentiels.

2. *Interféromètre Michelson. Déviation des franges.* — Dans l'interféromètre les deux moitiés d'un même rayon parcourent des chemins rectangulaires égaux OA, OB. Des miroirs A et B les réfléchissent normalement suivant AO, BO. A son retour en O, le rayon BO, est ramené dans la

---

([1]) *Journal des Observateurs*, 11, IV, 15 avril 1928, p. 49.

direction AO. Enfin les deux rayons pénètrent ensemble dans la lunette de direction AO. Ils y forment des franges dans le plan focal muni d'un réticule de visée, moyennant un léger déréglage de l'appareil.

Quand la vitesse de la Terre est à 45° de la lunette, cette direction est un axe de symétrie des deux rayons OA, OB. Il ne peut en résulter aucune différence de marche entre eux. Au contraire, quand la vitesse de la Terre a pour azimut AO ou BO, l'influence éventuelle sur la différence de marche se trouve maximum.

En résumé, une déviation des franges par différence de marche serait maximum quand la vitesse de la Terre est parallèle ou perpendiculaire à la lunette OA; *nulle à 45° de* OA.

L'effet Esclangon, au contraire, est nul dans le premier cas, *maximum dans le second* (n° 1).

Par ces caractères opposés, l'expérience permet de trancher entre les deux causes de déviation des franges, grâce à la remarque suivante.

3. *Apex de la vitesse de la Terre. Son mouvement diurne.* — En un jour, la vitesse de la Terre autour du Soleil ne change pas sensiblement. Il en est de même de la vitesse du Soleil par rapport aux étoiles et de la vitesse résultante de la Terre. Cette vitesse perce la sphère céleste en un point, *apex* de la vitesse de la Terre. Celui-ci se déplace peu en un jour. Comme le Soleil, il est entraîné dans le mouvement diurne apparent du ciel. Sa trajectoire est symétrique par rapport au méridien du lieu. Dans le cours des 24 heures, les azimuts de l'apex se déplacent symétriquement de part et d'autre de la direction Sud, venant de l'Est d'abord pour aller ensuite vers l'Ouest.

4. *Expériences de M. Miller* (¹). — A une heure H, l'auteur fait un tour d'horizon avec l'interféromètre. Il voit les franges se déplacer dans le plan focal de la lunette. Il détermine ainsi l'azimut A de la lunette AO qui, à l'heure H, porte les franges le plus à droite. La même détermination étant faite aux diverses heures du jour, l'auteur construit la courbe représentative de la fonction A = fonct. (H).

5. *Résultats.* — 1° Tous les azimuts A sont du même côté de la direction Sud, du côté Est.

2° Mais si l'on augmente tous les A de 45°, les azimuts A + 45° = fonct. (H) se déplacent symétriquement, venant de l'Est d'abord, pour aller ensuite à l'Ouest, comme le Soleil dans son mouvement diurne.

Conclusion. — L'auteur conclut avec raison que *la vitesse de la Terre est*

(¹) Dayton C. Miller, *Science*, 63, 30 avril 1926, p. 433.

à 45° de la lunette A, dans chacune des positions A = fonct. (H) rendant maximum la déviation des franges. Mais alors, la différence de marche des deux rayons de l'interféromètre est *nulle* (n° 2). Au contraire, l'effet Esclangon est *maximum* (n° 1).

C'est donc bien l'effet Esclangon qui fut observé par Miller, comme l'annonce le titre de la présente Note. Ce n'est pas une différence de marche entre les deux rayons de l'interféromètre. Celle-ci est nulle à toute heure, dans toutes les positions de l'appareil.

Remarques. — 1° Les expériences de M. Miller confirment, précisent et généralisent la loi de Michelson : *La vitesse de la Terre n'introduit aucune différence de marche entre les deux rayons de l'interféromètre.* Loi fondamentale dont la généralisation est le postulat de la Relativité. J'en ai donné une explication par l'influence que la vitesse de la Terre exerce sur la pulsation lumineuse [1].

2° Tandis qu'avec l'interprétation de M. Miller, ses expériences conduisent à des difficultés théoriques qu'il a reconnues mais n'a pas surmontées, au contraire, avec notre démonstration les résultats rentrent simplement dans la théorie classique de la construction d'Huygens qui est le principe le plus intuitif et le moins douteux de l'optique.

3° Le raisonnement ci-dessus n'est subordonné qu'à la réalité des déviations observées par M. Miller et par M. Esclangon. Un doute est peut-être encore permis sur ces déviations en raison de leur petitesse. Aussi doit-on souhaiter que les nouvelles mesures poursuivies par les deux savants conduisent à des résultats d'une précision suffisante pour assurer à la science la conquête définitive de la vérité.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur la théorie de l'opalescence critique.* Note de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Ch. Fabry.

La théorie générale de la diffusion de la lumière indique qu'une partie de cette lumière, celle qui donne lieu à l'opalescence critique, est proportionnelle, dans le cas de la diffusion par un fluide pur, au carré moyen des fluctuations en densité. Smoluchowski a montré, et Einstein a confirmé, que dans un élément de volume Δv le carré moyen des fluctuations en densité était proportionnel au coefficient de compressibilité isotherme β.

---

[1] E. Carvallo, *Revue générale de l'Électricité*, 29, 28 mars 1931, p. 493.

Au point critique l'intensité diffusée serait donc infinie; or expérimentalement elle ne l'est pas. Dans des Mémoires qui comptent parmi les plus beaux de la Physique statistique, Ornstein et Zernicke ont montré par une analyse très fine qu'on devait faire subir à la théorie une retouche conduisant à une lumière diffusée proportionnelle à $(1+\cos^2\theta)/\sin^2\theta/2$ dans la direction faisant l'angle θ avec la direction de propagation. J'ai cependant montré expérimentalement [1] que la théorie d'Ornstein et Zernicke ne rendait pas compte des faits, sans toutefois pouvoir faire de critique positive à leur calcul.

Je crois être maintenant en mesure de donner les principes d'une théorie correcte de l'opalescence. Je remarque en effet que les théories des fluctuations connues jusqu'ici pèchent toutes par ce point qu'elles appliquent à des états éloignés de l'équilibre des relations qui ne sont valables que pour un corps à l'état d'équilibre. On peut le montrer en particulier pour les calculs d'Einstein, et aussi pour ceux de Ornstein et Zernicke, mais la place nous manque pour l'exposer ici. Développons simplement les grandes lignes de la théorie que nous proposons.

Soit $f(r)$ la force d'attraction entre deux molécules. $\Sigma rf(r)/3v$, Σ étant étendue à tous les couples de molécules du volume v, est la pression interne P dans le fluide. Si la densité est uniforme, P_i prend la forme $-a/v^2$ (cf. Van der Waals). Mais dans un problème de fluctuation en densité, il est imprudent de supposer la densité ρ uniforme. Admettant l'existence de dérivées $\partial\rho/\partial x$, $\partial^2\rho/\partial x^2$, ..., je trouve

$$P_i = -\frac{a}{v^2}\left[1+\frac{m-4}{6(m-6)}\sigma^2\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2\rho}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\rho}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\rho}{\partial z^2}\right)\right], \tag{1}$$

pour des molécules de diamètre σ, avec une loi de force $1/r^m$. Si l'on conserve à β sa signification classique, le travail pour augmenter de $\Delta\rho$ la densité dans le volume Δv voit son expression changée en

$$\frac{\Delta v}{2\beta}\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)^2+\Delta v\frac{m-4}{6(m-6)}\sigma^2\int_0^{\Delta\rho}\frac{\dfrac{\partial^2\Delta\rho}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2\Delta\rho}{\partial y^2}+\dfrac{\partial^2\Delta\rho}{\partial z^2}}{\rho_0^2}\,d\Delta\rho, \tag{2}$$

au lieu du premier terme qui existe seul dans le calcul classique.

Si l'on parvient à montrer qu'il y a une corrélation entre $\partial^2\Delta\rho/\partial x^2$ et $\Delta\rho$, l'intégrale ne sera pas nulle; même au point critique il faudra du

---

[1] J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, 1929, p. 289.

travail pour produire une fluctuation en densité, et l'on obtiendra en résumé : *une intensité d'opalescence finie, une distribution en* $1/\lambda^4$ (*λ étant la longueur d'onde de la lumière incidente*) *et une symétrie de la diffusion pour les angles* θ *et* $\pi - \theta$.

J'ai pu montrer l'existence de la corrélation dont il vient d'être question en décomposant les fluctuations en densité, en ondes de compression et dilatation à la manière de Debye. En admettant pour ces ondes la distribution simple des fréquences que prend Debye, je montre que si l'on pose l'intégrale de la formule (2) égale à

$$\frac{1}{\Lambda^2}\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)^2,$$

on a

$$\Lambda^2 = \frac{5}{3}\left(\frac{4\pi}{9\nu}\right)^{\frac{2}{3}}, \tag{3}$$

ν étant le nombre de molécules par unité de volume. La suite de la théorie donne alors comme valeur de l'intensité diffusée par suite de fluctuations en densité (abstraction faite de corrections de détail comme celle due au champ moléculaire) à angle droit de la direction de propagation incidente :

$$\frac{i}{E^2} = \frac{\pi^2}{2}\frac{RT}{N\lambda^4}(n^2-1)^2 \frac{1}{\frac{1}{\beta} + \frac{4\pi^2}{27}\frac{m-4}{m-6}\frac{a}{\nu^2}\frac{\sigma^2}{\Lambda^2}}. \tag{4}$$

Pour les mélanges binaires au point critique de miscibilité complète, l'opalescence dépend du carré moyen des fluctuations en concentration, et j'ai pu développer une théorie correspondant à celle que je viens de résumer pour le cas d'un fluide pur.

En prenant pour m les nombres résultant des actions réciproques de dipôles et quadrupôles (Keesom), pour a/ν^2 les valeurs déduites de l'équation de Van der Waals, pour Λ la valeur (3), on trouve en (4) une intensité diffusée de l'ordre des valeurs expérimentales, tout en obtenant des lois conformes à l'expérience pour la distribution suivant la direction et suivant la fréquence lumineuse.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les rayons β émis par le dépôt actif de l'actinium.* Note de M. S. Y. **Sze**, présentée par M. Jean Perrin.

Lorsqu'une même substance radioactive émet plusieurs groupes de rayons α, certains noyaux émetteurs sont excités et reviennent d'après

Gamow, immédiatement à l'état normal par émission (sous forme d'un rayonnement γ ou β) d'un quantum d'énergie égal à l'énergie en excès.

Ce point de vue a été adopté dans le cas de ThC, d'après les expériences sur les spectres magnétiques des rayons α et β.

Dans le cas de l'AcC, il existe (¹) deux groupes de rayons α dont la différence est de 353 eKV, et l'on devrait s'attendre à retrouver le bilan énergétique si l'on admet qu'un quantum de 353 eKV est émis dans la transformation $\mathrm{AcC} \underset{\alpha}{\rightarrow} \mathrm{AcC}''$. Parmi les rayons γ émis par le dépôt actif de l'Ac, il existe en effet d'après Hahn et Meitner (²) un groupe de 354 eKV, que l'on déduit d'après quelques groupes de rayons β particulièrement intenses. Mais ces auteurs n'ont pas pu indiquer l'origine exacte de ce rayonnement γ. Il m'a semblé nécessaire de redéterminer le spectre β du dépôt actif de l'Ac, afin de discerner d'une manière certaine l'origine du groupe de 354 eKV.

L'expérience se fait à l'aide d'un fil portant le dépôt actif de l'Ac. Le dispositif expérimental est analogue à celui utilisé dans mes expériences avec le dépôt actif de thorium (³). Les valeurs HR des raies sont déterminées relativement à la raie très intense de ThB, $HR = 1398$, avec un fil actif portant simultanément les dépôts actifs de l'Ac et Th. Les intensités relatives sont estimées en variant les temps de pose des diverses raies de façon à avoir le même noircissement sur la plaque photographique. Les intensités sont calculées d'après les temps de pose, en tenant compte de la décroissance de la source et de la différence des rayons de courbure décrits.

Les résultats de mes expériences sont groupés avec ceux de Hahn et Meitner dans le tableau ci-après. La valeur de HR de la raie très intense de ces auteurs est $\frac{1}{200}$ plus petite que la mienne. Pour la raie HR 767, leur valeur est de $\frac{2}{100}$ plus petite que la mienne; d'après mes expériences l'intensité des raies de HR 2418, 2670 et 2772 discernées par eux doit être moins que $\frac{1}{100}$ de celle de la raie de HR 1953, en admettant que ces groupes sont réellement émis par le dépôt actif de l'Ac, ce que je n'ai pas pu confirmer.

(¹) ROSENBLUM et DUPOUY, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1919.
(²) HAHN et MEITNER, *Zeit. f. Phys.*, 34, 1925, p. 795.
(³) S. Y. SZE, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2207.

TABLEAU : *Les groupes de rayons β du dépôt actif de l'Ac.*

Sze.				Hahn et Meitner.			
Intensité.	HR.	Énergie en eKV.	Origine.	Intensité.	HR.	Énergie en eKV.	Origine.
10	766,8	49,6	–	20	734	45,6	–
100	1953	267,4	K.81	100	1942	264,7	K.82
15	2149	312,5	K.83	35	2184	320,8	–
20	2252	337,1	L_1.81	35	2263	339,6	L_1.82
5	2304	249,9	M.81	30	2314	351,9	M.82
–	–	–	–	(?) 50	2418	377,2	K.82
2	2456	386,8	L_1.83	30	2472	390,6	K.82
–	–	–	–	(?) 20	2670	440,2	L_1.82
–	–	–	–	(?) 15	2772	466,2	L_1.82

D'après la différence énergétique entre les deux groupes de HR 2149 et 2456 (égale à la différence K — L_1 de l'atome numéro atomique 83), ces rayons β sont dus à la conversion d'un quantum d'énergie de 402 eKV, dans l'atome de numéro atomique 83, c'est-à-dire émis dans la transformation AcB $\underset{\beta}{\rightarrow}$ AcC. Les trois groupes de HR 1953, 2252 et 2304 sont, d'après leurs différences énergétiques (égales aux différences K — L_1 et K — M de l'atome numéro atomique 81) dus à la conversion d'un quantum d'énergie de 352 eKV, dans l'atome de numéro atomique 81, c'est-à-dire émis dans la transformation AcC $\underset{\alpha}{\rightarrow}$ AcC″, en accord avec les données de la structure fine des rayons α de l'AcC.

Les détails expérimentaux seront publiés ultérieurement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Vie moyenne des noyaux atomiques activés. Cas probables d'impossibilité d'émission γ.* Note [1] de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

La probabilité par unité de temps pour qu'un système atomique supposé dans un état activé passe dans un certain autre état stationnaire d'énergie moindre en émettant un photon est

$$\alpha_{jk} = \frac{64\pi^4}{3hc^3}\nu_{jk}^3\mu_{jk}^2, \tag{1}$$

ν_{jk} et μ_{jk} étant la fréquence et l'amplitude du moment électrique oscillant

(1) Séance du 24 octobre 1932.

associé à la transition considérée. En particulier pour une particule de charge e et de masse m, mobile dans un champ permanent quelconque, on a $\mu_{jk}^2 = e^2 \left|\vec{r}_{jk}\right|^2$, en désignant par $\vec{r}$ le rayon vecteur de la particule, et l'on démontre que

$$\left|\vec{r}_{jk}\right|^2 \leqq j \frac{h}{8\pi^2} \frac{1}{\nu_{jk}} \frac{1}{m} \qquad (j < k). \tag{2}$$

Nous considérerons seulement ici le retour à l'état normal à partir du premier état activé; on a alors $j = 1$ et la probabilité d'émission se trouve limitée par l'inégalité

$$\varkappa \leqq \frac{8\pi^2}{3c^3} \nu^2 \frac{e^2}{m}. \tag{3}$$

S'il n'existe pas de possibilité de désactivation sans émission lumineuse, la durée moyenne de l'état activé est égale à l'inverse τ_0 de la probabilité $\varkappa$.

L'émission de rayonnements γ de haute fréquence, formant des spectres de raies, par les noyaux des corps radioactifs, ne pouvant être due aux électrons nucléaires, a été attribuée aux vibrations d'hélions α ou de protons. La formule (3) donne pour ces deux types de particules la même limite qui, pour la fréquence ν d'un quantum de 1 million de « volt-électrons », indique que la vie moyenne τ_0 d'un noyau activé doit être supérieure à $0{,}5.10^{-15}$ seconde.

Mais dans un noyau une particule constituante ne peut pas osciller sans qu'il y ait entraînement du reste du noyau, le centre d'inertie restant sans accélération, et le moment électrique oscillant sera par là fortement réduit. Cette remarque, due à N. Bohr, est indiquée dans un article de Delbrück et Gamow [1]. Mais admettant alors l'existence dans les noyaux d'électrons libres qu'il était incertain de supposer liés à une partie du noyau, ces auteurs n'ont pas calculé l'importance de cette diminution, et ont continué à utiliser la formule (3). Comme il semble maintenant probable que tous les électrons nucléaires sont profondément liés dans des particules massives, neutrons, hélions ou demi-hélions, il est intéressant de reprendre l'étude de l'émission de rayonnement par un système de particules chargées.

Le mouvement de deux particules de masses m_1 et m_2 autour de leur centre d'inertie est régi par l'équation ondulatoire d'une seule particule ayant les coordonnées relatives de l'une des particules par rapport à l'autre,

---

[1] M. Delbrück, G. Gamow, *Zeit. f. Phys.*, 72, 1931, p. 492.

et une masse égale au rapport $m_1 m_2 / m_1 + m_2$. Le moment électrique du système relatif au centre d'inertie a d'autre part pour expression, en désignant par $\vec{r}$ la distance des deux particules de charges e_1 et e_2,

$$(4) \qquad \vec{\mu} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{r} e_1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{r} e_2 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(\frac{e_1}{m_1} - \frac{e_2}{m_2} \right) \vec{r}.$$

La probabilité spécifique d'émission du système dans son premier état activé est donc limitée par l'inégalité

$$(5) \qquad \varkappa \leqq \frac{8\pi^2}{3c^3} \nu^2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(\frac{e_1}{m_1} - \frac{e_2}{m_2} \right)^2.$$

Pour comparer les valeurs données par cette formule et par la formule (3) relative à un hélion α nous calculerons leur rapport ρ.

I. Appliquons cette formule au cas des noyaux lourds des corps radioactifs, en considérant une particule constituante probable vibrant par rapport au reste du noyau. On trouve par exemple, dans le cas du RaC' :

Pour un hélion α excité .... $\rho = 0{,}047$
Pour un neutron ω excité .... $\rho = 0{,}18$

On voit que l'entraînement du reste du noyau réduit environ au *vingtième* de sa valeur le pouvoir émissif d'un hélion excité et que, dans le cas d'un neutron, l'émission, due uniquement à cet entraînement, est plus forte que pour un hélion, mais reste environ cinq fois plus faible que celle donnée par la formule (3). Les vies moyennes plus longues ainsi prévues permettent de mieux comprendre l'importance du couplage direct des électrons planétaires avec le noyau dans la conversion interne des rayons γ en rayons β.

II. Parmi les éléments légers, certains ont leurs noyaux formés de particules identiques ou ayant le même rapport de la charge à la masse : les atomes Be^8, C^{12}, O^{16}, ..., Ca^{40} ont des noyaux sans doute constitués uniquement d'hélions, les atomes Li^6, B^{10} et N^{14} d'hélions et de « demi-hélions » (1). Dans de tels noyaux le centre des charges électriques, toutes positives, coïncidant toujours avec le centre de gravité, il n'y aura jamais aucun moment électrique oscillant, et par suite ces noyaux ne doivent pas pouvoir émettre de rayonnement γ (2); *tous leurs états activés doivent être*

(1) F. PERRIN, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2211.

(2) Une émission par quadrupôle reste possible, mais est négligeable tant que la longueur d'onde est grande par rapport au diamètre du noyau.

métastables, et si un tel noyau se trouve activé il ne pourra revenir à son état normal que par « conversion interne » de l'énergie disponible. Les noyaux de cette catégorie ne pourront pas non plus absorber de rayonnements γ caractéristiques (ni raies ni fond continu d'absorption).

Au contraire les noyaux qui contiennent des neutrons (Li^7, Be^9, ...) pourront émettre et absorber des rayonnements γ caractéristiques.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mesures de forces électromotrices dans l'ammoniac liquide.* Note de M. **G. I. Costeanu.**

L'analogie entre les solutions dans l'eau et dans l'ammoniac liquide nous a conduit à étudier quelques forces électromotrices dans ce dernier dissolvant.

Nous avons choisi comme électrolytes les nitrates; en particulier ceux d'argent, de plomb et de cadmium. La dissolution est particulièrement rapide pour le nitrate de plomb.

La pile se compose de deux tubes à essai munis de bons bouchons en caoutchouc et reliés par un siphon de faible diamètre à robinet. Les bouchons sont traversés par les électrodes respectives et par les tubes de sortie du gaz, eux-mêmes mis en communication avec un tube contenant de la potasse et servant de garde contre l'humidité.

Le gaz ammoniac arrive par des capillaires soudés à la partie inférieure de chaque tube à essai.

Ce dispositif permet une condensation rapide du gaz au moment du remplissage dont le réglage est assuré par un repère tracé sur le verre.

La pile ainsi constituée se trouve dans un Dewar contenant un mélange réfrigérant d'alcool éthylique et de carboglace.

Nous avons utilisé l'ammoniac liquide du commerce distillé à travers une série de tubes contenant de la potasse et du sodium, puis condensé directement dans les tubes à essai où se trouvaient des poids connus des électrolytes solides placés respectivement dans chacun des tubes. Le siphon était amorcé à l'aide d'une trompe à eau lorsque les solutions étaient réalisées au titre connu de N/10.

Nous avons trouvé que la force électromotrice de la pile

$$Pb \mid (NO^3)^2 Pb - NO^3 Ag \mid Ag$$

est donnée par la formule

$$E = 0,462 + 0,0005(t^0 + 35^0).$$

Pour la pile

$$Cd \mid (NO^3)^2 Cd . 4 H^2O - NO^3Ag \mid Ag,$$

on a

$$E = 0,963 - 0,00033(t^0 + 35^0).$$

Ces mesures ont été faites dans l'intervalle de température — 65°- — 35°.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'emploi de diaphragmes dans l'électrolyse industrielle des métaux.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'emploi de diaphragmes s'impose toutes les fois que l'on peut craindre que les impuretés de l'électrolyte anodique ne se précipitent sur les cathodes.

Les diaphragmes industriels sont généralement des parois plus ou moins poreuses, perméables à l'électrolyte. Celui-ci, après avoir subi une purification appropriée, s'écoule continuellement dans le compartiment cathodique de la cuve d'électrolyse, traverse le diaphragme, se charge d'impuretés au contact des anodes solubles et recommence son cycle. La perméabilité des diaphragmes et la filtration de l'électrolyte qui en résulte sont nécessaires, d'après la théorie, pour empêcher le transport des cations indésirables dans les compartiments cathodiques sous l'action du courant continu.

Le débit de l'électrolyte arrivant dans les compartiments cathodiques est donc, en principe, une fonction de la vitesse de transport de ces cations. En réalité, le déplacement des ions et le courant de l'électrolyte pur, en sens opposé, ne peuvent pas s'équilibrer exactement dans tous les points du diaphragme. C'est pourquoi la vitesse de circulation de l'électrolyte doit être notablement supérieure à la vitesse du transport des cations. Même avec des débits très élevés d'électrolyte, on n'arrive pas à empêcher complètement le passage des impuretés dans les compartiments cathodiques. Pour obvier à cet inconvénient, on est obligé d'utiliser des anodes assez pures, par exemple à 1-2 pour 100 d'impuretés solubles seulement, afin que la proportion de celles-ci dans les compartiments cathodiques se maintienne au-dessous d'un certain taux.

Bref, malgré les nombreux avantages que présentent les diaphragmes perméables, quelques inconvénients persistent, notamment : volume considérable des solutions à purifier, nécessité d'employer des anodes de titre élevé, qualité des cathodes laissant parfois à désirer.

Pour supprimer ces inconvénients, j'ai essayé de travailler avec des dia-

phragmes *imperméables* à l'électrolyte. L'imperméabilisation était telle qu'un diaphragme de $2^{m^2},5$ de surface soumis, hors de la cuve, à une pression hydrostatique d'électrolyte de 80^{cm} de hauteur, pendant 30 minutes, ne laissait suinter que quelques gouttes, principalement dans les coutures. Néanmoins, après 2-3 jours de fonctionnement normal du diaphragme, on constatait l'apparition d'impuretés en proportion notable autour des cathodes, en dépit de la circulation constante d'électrolyte. Celui-ci ne filtrait plus à travers les parois, mais se déversait par débordement du compartiment cathodique situé plus haut, dans le compartiment anodique, puis débordait hors de la cuve.

L'observation des quantités d'impuretés traversant le diaphragme et des variations de densité de l'électrolyte de chaque côté de la paroi a, cependant, permis de constater que ces deux variables sont fonction l'une de l'autre. Voici quelques chiffres se rapportant à l'électrolyse du nickel, en solution chlorhydrique, avec anodes contenant 10 pour 100 d'impuretés (Fe + Cu en majeure partie) et une densité de courant de 200 ampères par mètre carré de cathode.

Quantités de Ni *en grammes par litre d'électrolyte.*

Compartiment anodique..........	50	70	85	91	95	101	122	154
Comp. cathodique..	20	52	80	82	89	90	88	85
Différences de concentrations......	30	18	5	9	6	11	34	69

Quantités d'impuretés en grammes pour 100^g *de* Ni *contenu dans l'électrolyte.*

Comp. anodique ...	1,5	1,7	1,9	1,8	1,9	1,8	2,1	2,0
Comp. cathodique..	0,17	0,5	0,01	0,03	0,02	0,04	0,15	0,45

On voit que la quantité d'impuretés pénétrant dans le compartiment cathodique diminue considérablement avec la différence de concentration de l'électrolyte de chaque côté de la paroi du diaphragme, différence qui tend à se produire constamment et automatiquement au cours de l'électrolyse. Par contre, l'effet de la variation de la concentration en impuretés du compartiment anodique est peu marqué.

Tout se passe comme si le passage des impuretés était dû, non au transport des ions mais à la pression osmotique de la solution du compartiment anodique, toujours plus concentrée, le diaphragme imperméabilisé agissant comme une paroi semi-perméable. Dès lors il n'a pas été difficile de diriger

rationnellement la circulation de l'électrolyte et de régler son débit pour maintenir une différence minima de concentration sur toute la surface du diaphragme et par la suite d'obtenir la pureté désirée des cathodes. En fait, une différence de concentration voisine de 10^g par litre pour des concentrations de 80-90^g ne serait pas encore trop élevée pour produire des cathodes à 0,01-0,02 pour 100 d'impuretés seulement, même en partant d'anodes contenant 10 pour 100 de Fe et autant de cuivre.

En résumé, les avantages du diaphragme imperméable sont les suivants : qualité quelconque des anodes, cathodes aussi pures qu'on le désire, volume considérablement moindre d'électrolyte en circulation. Quant aux inconvénients, il n'en est qu'un, mais important : augmentation de la consommation d'énergie électrique, près de 20 pour 100 dans mes conditions d'électrolyse, par suite de l'augmentation de la résistance électrique du diaphragme. Dans mon procédé cependant cette énergie n'est pas perdue puisqu'elle sert à chauffer les cuves.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rythmicités observées dans la précipitation électrolytique de matières colorantes.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Une étude antérieure [1] de la précipitation du bleu de méthylène par divers électrolytes a décelé, entre les réactifs intéressés, des actions mutuelles globales, que ne saurait justifier entièrement la seule considération de l'altération des charges micellaires.

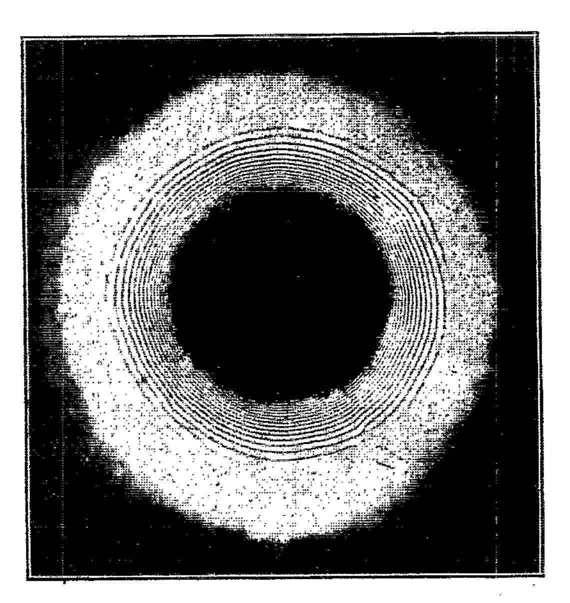
Au cours du présent travail, la même analyse sous deux dimensions, réalisée dans une couche de gélatine étalée sur une plaque de verre, a été appliquée à la précipitation, par le bichromate de potassium, de deux autres matières colorantes, le rouge neutre et le bleu de toluidine. Dans ces deux cas, la recherche, en confirmant d'une part les conclusions d'ordre cinétique de l'étude précédente, a accusé, en outre, le caractère rythmique des phénomènes.

Tout d'abord, si l'on dépose sur une couche de simple gélatine, à quelque distance l'une de l'autre, une goutte de bichromate de potassium, et une goutte, soit de rouge neutre, soit de bleu de toluidine, on constate que la diffusion de la matière colorante ne conserve pas sa symétrie. Tandis que son auréole est rejetée du côté opposé à l'électrolyte, les stries qu'on y discerne trahissent la périodicité de la précipitation.

---

(1) Suzanne Veil, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1932.

On confirme l'action inhibitrice, exercée par la diffusion de l'électrolyte sur la diffusion de la matière colorante, en imprégnant la gélatine de bichromate de potassium, et en déposant à sa surface une goutte de rouge



Résultat de l'apposition d'une goutte de bichromate de potassium sur de la gélatine imprégnée de rouge neutre.

neutre ou de bleu de toluidine. La goutte colorée ne diffuse plus que difficilement dans le milieu, ou même refuse de diffuser si la concentration de l'électrolyte atteint une certaine valeur.

Si inversement, d'autre part, on dépose une goutte de solution de bichromate de potassium sur de la gélatine imprégnée d'un des colorants considérés, la périodicité de la précipitation produite se traduit par l'apparition d'anneaux.

La figure est la reproduction photographique, en vraie grandeur, d'une préparation résultant de l'apposition d'une goutte de bichromate de potassium sur de la gélatine imprégnée de rouge neutre. Dans le domaine de diffusion relativement étendu, et qui se détache clair dans son encadrement rouge, les anneaux de précipitation, de plus en plus larges, s'espacent toujours davantage à mesure qu'ils deviennent plus lointains, conformément à la distribution observée (1) à propos de la précipitation périodique de

(1) Suzanne Veil, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 611.

Liesegang. Au microscope, les anneaux se résolvent en cristaux minuscules, dont les dimensions croissent cependant avec la distance à la goutte progression analogue à celle déjà observée, par exemple, dans le cas de la précipitation de l'arséniate de potassium par le nitrate d'argent. En dépit de leur finesse, les anneaux les plus proches sont néanmoins assez serrés pour former une tache compacte qui, sur la photographie, vient prolonger la goutte proprement dite. Dans la région des premiers anneaux individuellement discernables à l'œil nu, on aperçoit des jonctions interannulaires rappelant de près celles des anneaux de Liesegang. Au delà des derniers anneaux, le domaine de diffusion se parsème encore de points isolés.

Aucune stratification secondaire n'a pu être décelée à l'échelle des observations microscopiques.

En résumé, d'après les expériences ici décrites, les périodicités de précipitation, relevées à propos de réactions mutuelles d'électrolytes, notamment dans la chimie de l'argent, sont susceptibles d'être encore observées, et avec une similitude très étroite, à propos de la précipitation électrolytique de solutions colloïdales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Couleur et comportement chimique dans la série cinnamique.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas** et M. **Trivédi**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous a insisté sur ce que le comportement chimique (énergies et vitesses de réaction) d'un chromophore, introduit dans un carbure saturé, doit changer en même temps que l'état interne du chromophore, et par suite, en même temps que la couleur introduite par ce chromophore ; et sur ce que, quand cet état interne reste le même (la couleur étant donc la même), les énergies de réaction du chromophore A sur un autre groupe B porté par une autre molécule doivent être les mêmes, ainsi que probablement les vitesses de réaction (sauf gêne stérique apportée éventuellement par enroulement dans le cas de très longues chaînes). En particulier, puisque dans une série homologue telle que H.A, CH^3.A, $CH^3.CH^2$.A, etc. la couleur ne change pratiquement plus à partir du troisième terme (ce qui veut dire que A est de moins en moins altéré par l'allongement de la chaîne) le comportement chimique, en ce qui regarde A, sera pratiquement le même

(1) Séance du 2 novembre 1932.

à partir du troisième terme [1]. Plus généralement et en abrégé : quand un chromophore A introduit une même couleur dans diverses molécules par ailleurs absolument quelconques, elle doit avoir même comportement chimique par rapport à un groupe B fixé sur une autre molécule [2].

Ces prévisions se sont déjà trouvées vérifiées dans la plupart des séries homologues à chaîne normale pour les réactions jusqu'ici étudiées : vitesse d'estérification des acides, de saponification des esters et des amides, vitesse de réaction des amines avec l'iodure d'allyle et avec le malonate d'éthyle, vitesse d'oximation des cétones CH.CO.(CH).CH, etc.

Soit maintenant une molécule possédant *plusieurs chromophores liés directement* : A, B, C, D ; ils exercent une influence mutuelle qui contribue de façon parfois très importante à déterminer leur état intérieur. Si nous fixons un groupe T sur A par exemple, l'état de ce dernier changera, il en résultera une modification du « couplage » de A et B, par suite l'état intérieur de B ne sera plus le même, ce qui aura pour conséquence une variation du « couplage » de B et C, etc. En sorte que l'on peut prévoir que l'introduction de T sur A aura pour effet non seulement de changer l'état intérieur de ce dernier, mais aussi celui des autres chromophores.

Considérons l'acide cinnamique $C^6H^5 \cdot CH = CH.COOH$ ou l'un de ses dérivés. D'après ce qui précède toute substitution sur l'un des chromophores, qui aura pour effet d'en modifier l'état intérieur, doit aussi changer l'absorption et le comportement chimique des autres puisqu'ils s'influencent tous mutuellement. Nous avons étudié l'absorption des acides, esters, amides méthylcinnamiques et la réactivité des groupes fonctionnels acide, amide, ester. Nous avons constaté que l'introduction soit en position α, soit en position β d'un groupe CH^3 (qui n'introduit par lui-même aucune couleur) change à la fois notablement et l'absorption de la molécule et la réactivité du groupe fonctionnel : acide, ester ou amide.

Le spectre d'absorption de l'acide cinnamique (et de ses dérivés ester, amide) est formé de deux fortes bandes : le maximum de la première est situé vers $\lambda = 2680$ $\log \varepsilon = 4,25$, la seconde se prolonge dans l'ultraviolet plus lointain.

L'expérience nous a montré que si l'on compare l'absorption des dérivés cinnamiques et celle de leurs dérivés méthylés, on observe, pour ces derniers, à la fois une diminution de l'intensité d'absorption et un déplacement des bandes vers l'ultraviolet. En sorte que la modification de

(1) Mme Ramart, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 726.
(2) Mme Ramart, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 343.

couleur se traduit par une diminution de l'absorption générale. Le phénomène s'accentue quand on passe du dérivé cinnamique à l'α-méthyl puis au β-méthyl et enfin au dérivé diméthylcinnamique.

D'autre part, nous avons constaté que, pour tout dérivé méthylcinnamique la réactivité chimique est notablement plus faible que celle du dérivé non substitué correspondant.

Les quantités d'ester formées en chauffant les acides avec de l'alcool absolu en tubes scellés (sans catalyseur) pendant 8 heures à 100° sont indiquées dans la colonne I. Les proportions d'ester et d'amide hydrolysés par chauffage en tubes scellés à 100° (pendant 4 heures pour les premiers et 4 heures et demie pour les seconds) avec de l'alcool contenant 0,05 molécule de HCl au litre se trouvent dans les colonnes II et III.

Dérivés :	I. (Pour 100 d'acide éthérifié).	II. (Pour 100 d'ester hydrolysé).	III. (Pour 100 d'amide hydrolysée).
Hydrocinnamiques	22,09	47,64	37,0
Cinnamiques	14,55	36,40	30,10
β-Méthylcinnamiques	12,18	36,0	30,0
α-Méthylcinnamiques	9,37	33,0	29,4
α.β-Diméthylcinnamiques	–	28,5	–

La différence entre les vitesses de réaction très notable pour les acides est plus faible pour les esters et surtout pour les amides; mais pour ces deux séries, la présence de HCl comme catalyseur peut modifier l'allure du phénomène.

L'influence paralysante du groupe CH^3 en position β s'explique par le fait que ce radical modifie l'état interne du groupe $C^6H^5.CH=CH$ (on sait que $C^6H^5.CH=CH^2$, $C^6H^5.\underset{|\atop CH^3}{C}=CH^2$, $C^6H^5.CH=CH.CH^2$ n'ont pas la même couleur) et par suite l'action mutuelle qui s'exerce entre les radicaux $C^6H^5.CH=CH$ et COOH (l'ester ou l'amide). Lorsque la substitution a lieu en α deux effets se superposent : l'un d'eux concerne la modification de $C^6H^5.CH=CH$ laquelle se répercute sur COOH et l'autre qui provient du couplage des groupes CH^3 et COOH qui sont fixés sur le même carbone.

En résumé : les groupes CH^3 qui par eux-mêmes sont incolores dans l'ultraviolet moyen et n'ont qu'une très faible réactivité chimique modifient notablement à la fois la couleur de la molécule et la réactivité chimique des fonctions acide, ester, amide, lorsqu'ils sont introduits dans la chaîne des dérivés cinnamiques.

PHYSICO-CHIMIE. — *Cryométrie de quelques électrolytes dans l'hydrate fondu* $Cl^2Ca + 6H^2O$. Note de MM. **E. Darmois** et **R. Chalin**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons déjà eu l'occasion d'employer la cryométrie dans

$$Cl^2Ca + 6H^2O$$

à la détermination de la grandeur moléculaire de quelques tartrates [1]. Le même appareillage a été employé pour étudier dans le même solvant la cryométrie de quelques électrolytes [2]. Les concentrations employées vont de $0^g,3$ à 5^g pour 100^g de solvant; on calcule les rapports $K = M\Delta\theta/c$, où M est le poids moléculaire théorique du sel dissous; une extrapolation la plupart du temps linéaire donne la limite K_0 pour $c = 0$. Le tableau suivant donne les principaux résultats obtenus; la troisième colonne donne le rapport $k = K_0/41,3$ (précision 50 pour 100 environ).

	K_0.	k.
A. — *Non-électrolyte.*		
Urée	41,5	1
B. — *Sels ayant un ion commun avec* Cl^2Ca.		
ClC	41,1	1
Cl^2Cd	43,2	1,05
Br^2Ca	60,3	1,46
I^2Ca	65,4	1,59
$(NO^3)^2Ca$	80	1,94
$(ClO^3)^2Ca$	80	1,94
C. — *Sels sans ion commun avec* Cl^2Ca.		
NO^3K	80	1,94
$(NO^3)^2Mg$	121	2,93
$(NO^3)^3La$	168	4,05
$(NO^3)^4Th$	206	5,00
$BrNH^4$	75	1,82
Br^2Cd	112	2,71
ILi	66,4	1,61
IK	85	2,06
I^2Cd	124	3,00
Malate acide de Na	86,2	2,1
Malate neutre de Na	128	3,1

(1) E. Darmois et J. Cessac, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1053.
(2) Détails dans J. Chalin, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1932.

Dans le groupe C, si l'on met à part $BrNH^4$, Br^2Cd et ILi, l'abaissement limite est celui que fait prévoir une dissociation totale de l'électrolyte dissous; ce fait est d'accord aussi bien avec la théorie d'Arrhenius qu'avec la théorie de la dissociation totale puisque K_0 se rapporte à une solution infiniment diluée du sel ajouté.

Dans le groupe B, les chlorures ClK et Cl^2Cd donnent l'abaissement normal. La théorie d'Arrhenius interprète ce résultat en admettant que, en présence des ions Cl^- de Cl^2Ca, les deux chlorures ne sont pas dissociés. Il est impossible d'expliquer de même les rapports k supérieurs à 1 obtenus avec les sels de calcium. L'explication peut être donnée en admettant que la dissociation de Cl^2Ca est totale ainsi que celle du sel ajouté; pour comprendre cette explication, il est nécessaire de rappeler certains résultats classiques, mais qui semblent peu connus.

On sait que la courbe de solubilité de $Cl^2Ca + 6H^2O$ présente un point à température maximum où la composition de la solution est précisément celle de l'hydrate solide; ce « point de fusion aqueuse » n'est pas un point de fusion véritable puisqu'une addition finie de Cl^2Ca ou de H^2O ne l'abaisse pas d'une façon sensible. D'après les conseils de H. A. Lorentz, Stortenbecker [1] a démontré qu'on doit trouver un tel point quand le composé est dissocié à l'état liquide d'une façon appréciable [2]. La démonstration donnée s'applique aussi bien à une dissociation ordinaire telle que $AB \rightleftharpoons A + B$ qu'à une dissociation électrolytique $AB \rightleftharpoons A^- + B^+$. Dans le premier cas, elle indique que $dt/d[A] = 0$; c'est le cas du point indifférent de $Cl^2Ca + 6H^2O$; dans le deuxième $dt/d[A^-] = 0$, ce qui veut dire que, si l'on ajoute dans l'hydrate fondu un sel qui renferme des ions de Cl^2Ca, cet ion ne compte pas dans l'abaissement cryoscopique. En ajoutant l'ion A, on ajoute forcément un ou plusieurs ions de signe contraire; ce sont ces ions qui règlent l'abaissement cryoscopique.

Exemples. — 1° *Addition de* ClK. — L'ion Cl^- ne compte pas; K^+ donne l'abaissement unité.

2° *Addition de* $(NO^3)^2Ca$. — L'ion Ca^{++} ne compte pas; les 2 ions NO^{3-} donnent l'abaissement 2. Cela prouve dans ce dernier cas à la fois la dissociation de Cl^2Ca et celle de $(NO^3)^2Ca$. Les bromures et iodures ne donnent pas tout à fait l'abaissement double. D'ailleurs les iodures et bromures font

(1) *Zeits. f. phys. Chem.*, 10, 1892, p. 183.

(2) G. N. Lewis a donné en 1907 une démonstration plus simple, reproduite dans la *Thermodynamique* de Lewis et Randall (1re édition, p. 218).

aussi exception dans le groupe C; on ne doit pas conclure de là que leur dissociation n'est pas complète; il est probable qu'il s'agit plutôt de la formation de complexes. Celle-ci est très sensible avec I^2Cd pour lequel on trouve les chiffres suivants :

C (g %).	0,434	0,657	0,801	0,904	1,306	2,21	3,06	3,83	4,55	5,05
$\Delta\theta$......	0,13	0,19	0,20	0,21	0,27	0,40	0,54	0,67	0,77	0,86
K......	109,7	106	91,5	85	75,8	66,4	64,8	64	62	62,3

L'extrapolation pour $C = 0$ donne bien $k = 3$; les 4 derniers points seuls donneraient $k = 1,70$. Cette valeur 1,70 a déjà été trouvée autrefois par Goodwin et Kalmus ([1]) pour la dissolution de $PbBr^2$ dans $PbCl^2$ fondu à haute température.

COLLOÏDES. — *Sur les propriétés superficielles du caoutchouc.* Note ([2]) de M. E. **Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que les propriétés du caoutchouc dépendent dans une large mesure de la nature des charges qui lui sont incorporées. Un certain nombre de faits semble montrer l'influence énorme qu'exercent les forces superficielles intervenant entre la charge et la gomme sur les propriétés mécaniques du caoutchouc. C'est pour étudier l'influence de ce facteur que nous avons examiné l'activité superficielle de la gomme. Cette activité a été déterminée en mesurant l'abaissement de la tension interfaciale entre une solution benzénique de caoutchouc et des solutions aqueuses d'électrolytes par la méthode d'arrachement au tensiomètre de Lecomte du Noüy en suivant sensiblement la technique que nous avons donné avec H. Weiss pour la mesure de la tension interfaciale des huiles minérales.

Dans ces conditions, la courbe de tension interfacialle en fonction du pH des solutions aqueuses a une allure caractéristique. L'extrémité de la courbe, correspondant aux pH élevés, plonge rapidement vers l'axe des abscisses (*fig.* 1). On peut se demander quelle est l'activité respective des divers coustituants entrant normalement dans la composition de la gomme. L'activité superficielle de la gomme pure, débarrassée de certains de ses constituants par extraction à l'acétone, est égale ou inférieure à celle du benzène pur. La gomme ainsi purifiée s'altère rapidement par oxydation.

([1]) *Phys. Rev.*, 28, 1909, p. 1.

([2]) Séance du 2 novembre 1932.

Les produits d'altération sont très actifs et il est difficile d'obtenir un produit absolument inactif. Par contre l'extrait acétonique a une activité énorme. Une solution de 1^{mg} de résine dans 100^{cm^3} de benzène peut être facilement décelée.

La figure 2 donne la tension interfaciale de la solution benzénique en

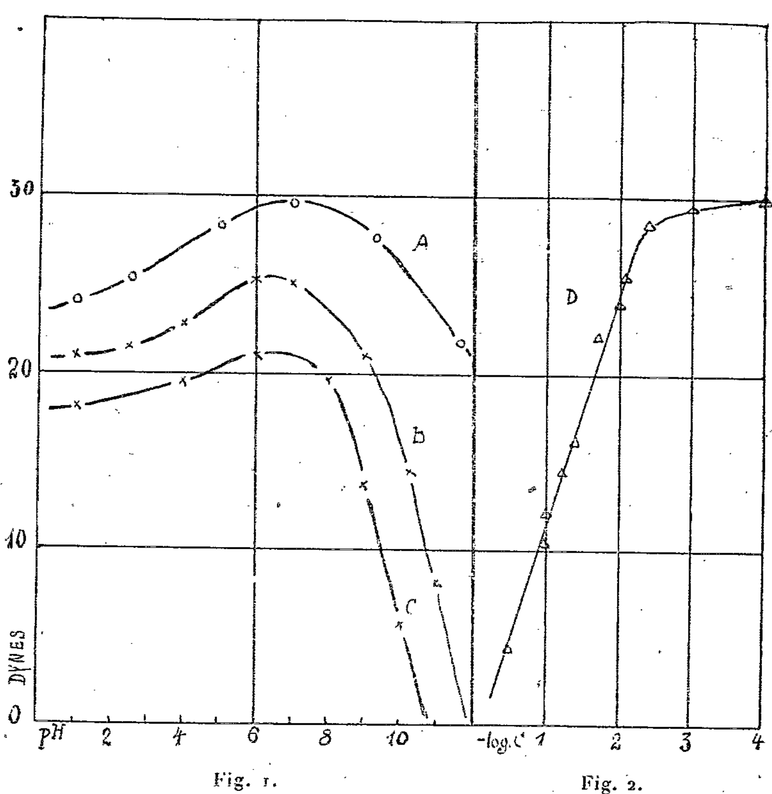


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe de tension interfaciale en fonction du pH du solvant (A); de la solution benzénique du caoutchouc brut à 0,3 pour 100 (B); et de la solution benzénique de résine à 0,02 pour 100 (C).

Fig. 2. — Courbe de tension interfaciale des solutions benzéniques de résine en fonction du logarithme négatif de la concentration (en grammes dans 100^{cm^3}).

fonction de la concentration à pH = 6 environ. La tension baisse très rapidement et tend vers zéro pour des concentrations de l'ordre de 1 pour 100. On peut remarquer que la tension interfaciale est une fonction linéaire du logarithme de la concentration de la résine entre 1 et 0,01 pour 100. L'extrait acétonique contient une série de composés dont l'activité superficielle est inégale. A côté d'acides résiniques libres il existe des produits

saponifiables en proportions variables selon l'origine de la gomme. Ces produits ont une activité superficielle considérable aux pH élevés. Cela tient à la neutralisation des acides libres ou libérés par saponification qui agissent par leurs ions. Nous avons montré que l'abaissement de la tension interfaciale par les acides actifs est beaucoup plus considérable pour la forme dissociée que pour la forme indissociée [1].

Il existe une grande analogie entre les propriétés superficielles des huiles minérales et celle du caoutchouc. Dans les deux cas les hydrocarbures convenablement purifiés n'ont pratiquement aucune activité. Par contre, certains constituants qui accompagnent normalement ces hydrocarbures ont une activité considérable. Enfin, dans les deux cas également, l'oxydation des hydrocarbures purs détermine la formation de substances actives comprenant probablement tous les degrés d'oxydation compris entre l'hydrocarbure et l'acide correspondant. On est ainsi conduit à attribuer à la résine le rôle principal dans l'activité superficielle du caoutchouc.

COLLOÏDES. — *Influence des anions sur la floculation de l'argile colloïdale par les sels de potassium.* Note [2] de MM. **A. Demolon** et **E. Bastisse**, présentée par M. C. Matignon.

La floculation de l'argile, sous l'influence des électrolytes, dépend essentiellement de la valence des cations, mais elle est également influencée par la réaction du milieu et, dans certains cas, par la nature de l'anion. Dans les recherches ci-après nous avons utilisé :

1° L'argile colloïdale extraite de la terre à brique et soigneusement débarrassée de bases échangeables par HCl N/20;

2° Cette même argile privée d'oxyde de fer par l'acide oxalique;

3° L'argile colloïdale extraite de l'argile de Vanves;

4° Une suspension fine de kaolin (éléments $< 2\mu$).

Lorsqu'on classe les sels de potassium suivant l'ordre croissant des pH observés pour le liquide clair en équilibre avec le dépôt, on constate que le seuil de floculation s'élève progressivement.

Mais tandis que certains sels donnent des seuils de floculation dont les valeurs sensiblement indépendantes de l'anion se placent sur une courbe

---

(1) *Compte rendu du Congrès du Graissage*, Strasbourg, 1931, p. 354.

(2) Séance du 2 novembre 1932.

régulière en fonction de la concentration en ions OH du milieu, d'autres que nous qualifierons d'aberrants (phosphates, arséniate, molybdate, ferrocyanure, borate, silicate, citrate, tartrate, etc.) pour un même pH que les précédents donnent des seuils de floculation bien supérieurs. Ce sont toujours des anions di ou trivalents et principalement des anions complexes. Les quatre échantillons expérimentés se sont, à cet égard, comportés de façon analogue.

Variation du seuil de floculation en fonction des ions OH. — L'argile colloïdale (n° 1) présente une résistance à la floculation rapidement croissante pour tous les sels de potassium à partir de la neutralité jusqu'à pH 8,5, résultat en accord avec les constatations de R. Bradfield [1].

Les courbes traduisant les élévations du seuil de floculation de 0,2 en 0,2 pH présentent toujours un point de rebroussement; celui-ci correspond au pouvoir peptisant maximum des ions OH en présence des ions K^+; il s'observe pour un pH voisin de 7,7.

Pour NaOH, en raison du pouvoir floculant moindre de l'ion Na^+, ce point se trouve décalé vers la zone alcaline aux environs de pH 8,8-9,0. On voit donc qu'il existe pour les ions OH une *concentration peptisante optima*, différente suivant la base employée et dont il y a lieu de tenir compte dans la séparation de l'argile en milieu alcalin.

Dans le cas du kaolin, au contraire, la résistance à la floculation s'accroit d'une manière continue avec l'augmentation des ions OH. Les courbes obtenues montrent qu'ici la variation du seuil de floculation est une fonction linéaire croissante du logarithme de la concentration en ions (OH). Ces résultats soulignent les différences déjà signalées à d'autres points de vue [2] entre l'argile des sols et le kaolin. Ils sont en rapport avec la faible capacité d'échange de ce dernier.

Action des anions aberrants. — L'oxyde de fer adsorbé par l'argile intervient dans son mode de floculation. L'argile privée de Fe^2O^3 donne une élévation des seuils de floculation. Mais on voit persister les anomalies relevées pour les anions aberrants. Corrélativement nous avons constaté que l'élimination de Fe^2O^3 diminue des deux tiers la capacité de fixation de l'argile pour P^2O^5, mais ne la supprime pas. Le kaolin pur peut également fixer cet anion dans des proportions non négligeables. De même, l'argile privée ou non de son oxyde de fer fixe la silice en milieu alcalin.

---

[1] *Soil. Sc.*, 17, 1924, p. 411-422.

[2] G. WIEGNER, *Journ. Soc. Chem. Ind.* (*Trans.*), 50, 1931, p. 65 et 103.

L'action des anions peut donc s'exercer de deux façons : 1° par fixation directe sur l'argile; 2° par l'intermédiaire de Fe^2O^3 colloïdal adsorbé par cette argile.

Si avant de floculer l'argile colloïdale par KCl on l'additionne de phosphate mono ou dipotassique, à doses croissantes à partir de o jusqu'à des valeurs C, C', C'', on constate : 1° de o à C, pas de changement; 2° de C à C', élévation du seuil de floculation; 3° de C' à C'', apparition de deux ou plusieurs seuils de floculation; 4° au-dessus de C'', floculation pour des seuils très élevés.

Le silicate de potasse donne les mêmes effets.

Les anions aberrants donnent lieu à des fixations qui sont variables avec les conditions expérimentales; il en résulte des augmentations également variables de la charge négative de la micelle argileuse. On peut expliquer ainsi l'élévation des seuils de floculation et l'apparition de deux ou plusieurs seuils.

Ces phénomènes sont analogues à ceux signalés récemment pour divers autres colloïdes par A. Boutaric et ses collaborateurs [1]. Toutefois, il importe de remarquer que l'argile garde un signe constamment négatif.

Ces observations éclairent, en outre, certaines constatations pédologiques, comme le processus de podzolisation qui s'accompagne de migrations portant d'abord sur l'oxyde de fer, puis sur l'argile devenue de ce fait moins résistante à la peptisation. Enfin, il n'est pas sans intérêt de noter que l'ion phosphorique pour de très faibles concentrations, de l'ordre de celles rencontrées dans les solutions du sol, peut, surtout en milieu alcalin, favoriser la migration de l'argile en l'absence d'une quantité suffisante de Ca.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Méthode d'analyse physico-chimique en solution organique par mesure du pouvoir inducteur spécifique.* Note de MM. **André Chrétien** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Georges Urbain.

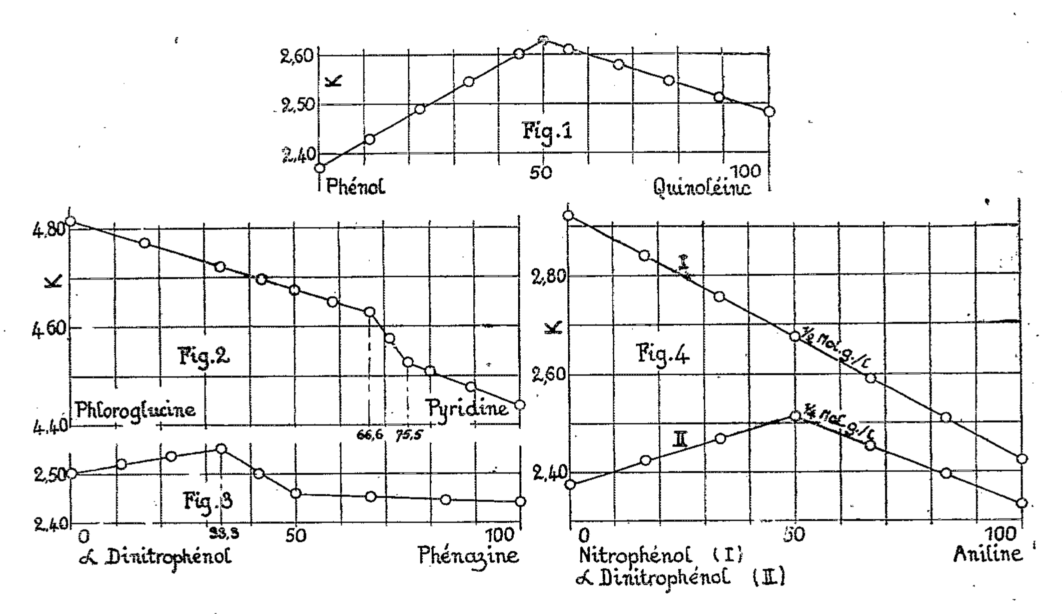
Nous avons étudié comment varie le pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.) des mélanges de deux composée organiques en solution dans le benzène ou dans l'éther. La concentration commune choisie est suivant les cas de 0,1 à 0,25 mol-g par litre. Les mesures sont effectuées par la méthode du galva-

---

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 205; 184, 1927, p. 326 et 814.

nomètre décrite antérieurement par l'un de nous [1]. On opère à température constante. Les résultats sont représentés graphiquement en portant en abscisse la composition volumique, et en ordonnée le p. i. s.

1. Quand on mélange du phénol et de la quinoléine (solutions benzéniques), le p. i. s. s'accroît jusqu'à un maximum observé pour deux volumes égaux. Le diagramme (*fig.* 1) est formé pratiquement de deux



droites dont l'intersection, abscisse 50, indique l'existence en solution d'un composé provenant de la combinaison entre 1^{mol} de phénol et 1^{mol} de quinoléine (composé 1/1). En l'absence d'eau, le phénol se comporte donc comme un monoacide et la quinoléine comme une monobase. La réaction apparaît comme une neutralisation. Un phénomène analogue s'observe avec chacun des couples :

phénol – pyridine ;	α-dinitrophénol – aniline,
β-naphtol – pyridine ;	o-nitrophénol – diméthylaniline,
pyrrol – pyridine ;	o-nitrophénol – phénylhydrazine.

2. Avec le couple pyrocatéchine-pyridine (solutions benzéniques), le p. i. s. est maximum pour la solution formée avec 1^{vol} de pyrocatéchine et 2^{vol} de pyridine. L'intersection des deux droites caractérise un composé

(1) A. Chrétien, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1385.

provenant de la combinaison entre 1^{mol} de pyrocatéchine et 2^{mol} de pyridine (composé 1/2). La pyrocatéchine se comporte donc comme un biacide. Le composé 1/1 n'apparaît pas.

Le couple diméthylglyoxime-pyridine (solutions éthérées) donne un diagramme analogue (mise en évidence d'un composé 1/2), mais avec la particularité que le p. i. s. est pratiquement invariable entre la diméthylglyoxime et le composé 1/2.

Le couple phloroglucine-pyridine (solutions éthérées) donne un diagramme (*fig.* 2) formé de trois droites. On observe une première brisure d'abscisse 66,6 correspondant au composé 1/2, puis une seconde d'abscisse 75,5 correspondant au composé 1/3. La phloroglucine se comporte donc comme un triacide. Ici encore, rien de particulier n'apparaît au point d'abscisse 50, qui correspondrait au composé 1/1.

3. Le graphique donné par le couple α-dinitrophénol-phénazine (solutions benzéniques) comprend encore trois droites, mais les brisures sont aux points d'abscisse 33,3 et 50 (*fig.* 3). La phénazine se comporte donc comme une bibase et l'existence en solution de deux composés, 2/1 et 1/1, est caractérisée. Des phénomènes analogues se rencontrent avec l'*o*-nitrophénol et la benzidine (solutions éthérées).

4. Le p. i. s. varie linéairement entre l'*o*-nitrophénol et l'aniline (solutions benzéniques) (*fig.* 4-1). Tout se passe comme si ces composés ne réagissaient pas. Si l'on remplace l'*o*-nitrophénol par l'α-dinitrophénol, le p. i. s. s'élève jusqu'à un maximum net pour l'abscisse 50 (*fig.* 4-1) qui caractérise le composé 1/1. Ce fait peut s'interpréter comme un renforcement du caractère acide du groupement OH phénolique par la présence de deux radicaux NO^2. Cette interprétation paraît justifiée, les deux séries de couples suivants présentant, en effet, des phénomènes analogues :

phénol - diméthylaniline,	β-naphtol - aniline,
o-nitrophénol - diméthylaniline ;	β-naphtol - pyridine.

Le pouvoir inducteur spécifique permet donc de déceler des caractères acides et des caractères basiques en l'absence d'eau. Les composés formés apparaissent comme des sels ; ils sont, suivant les cas, neutres, acides ou basiques. Il est probable que la formation de ces sels ne se fait jamais avec élimination d'eau. Nous pensons qu'il s'agit de combinaisons d'addition analogues aux combinaisons formées par réactions de substances sèches. En solution aqueuse, les composés rencontrés passeraient inaperçus (hydrolyse totale). Certains d'entre eux n'ont jamais été signalés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sels basiques de plomb*. Note [1] de MM. **Pierre Jolibois** et **Louis Cloutier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'un de nous [2] a montré comment, avec un appareil à mélange rapide, on pouvait étudier la constitution des précipités. Nous avons appliqué cette technique à l'étude des sels basiques et en particulier des sels basiques de plomb.

Lorsque l'on mélange deux solutions salines qui donnent naissance à un précipité, on peut faire varier le titre d'une seule des solutions. Le précipité qui se forme peut changer de composition suivant la variation de ce titre. Dans bien des cas, pour toute une zone de concentration des liqueurs précipitantes, la composition du précipité reste constante. En exécutant une telle série d'expériences, on montre d'abord l'existence d'une substance définie et ensuite on fixe avec précision l'intervalle de concentration qui convient à la préparation de cette substance.

C'est ainsi qu'une solution de bichromate de potassium agissant en proportions quelconques sur une solution de nitrate de plomb neutre donne toujours naissance au chromate neutre de plomb CrO^4Pb. Il n'en est pas de même si l'on précipite des solutions titrées de bichromate de potassium et de nitrate de plomb en faisant varier l'alcalinité du bichromate de potassium par une addition calculée de potasse caustique.

Le tableau suivant rend compte des phénomènes que nous avons observés en analysant dans les précipités obtenus le rapport CrO^3/PbO.

Solution de $(NO^3)^2Pb$ 0^{mol},05 par litre. Rapport K^2O/CrO^3 dans le liquide précipitant.	Solution de $Cr^2O^7K^2$ 0^{mol},033 par litre. Rapport CrO^3/PbO dans le précipité.	
0,25	1	CrO^4Pb
0,75	0,95	
1	0,65	
1,50	0,50	$CrO^4Pb.Pb(OH)^2$
3	0,50	
3,75	0,42	
5	0,35	$CrO^4Pb.2Pb(OH)^2$
7,5	0,33	
15	0,33	

[1] Séance du 2 novembre 1932.

[2] *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1095 et 1161.

On peut remarquer que les seuls sels basiques que nous trouvons sont les deux sels $CrO^4Pb.Pb(OH)^2$ et $CrO^4Pb.2Pb(OH)^2$ qui sont également ceux qu'a trouvés A.-J. Cox ([1]), par une méthode statique en étudiant l'équilibre du système ternaire $PbO - CrO^3 - H^2O$ à 25°. On n'obtient pas par précipitation méthodique les nombreux sels basiques décrits dans la littérature, qu'il y a probablement lieu de considérer comme des mélanges.

Il arrive aussi pour certains sels que, lorsque la solution précipitante devient très alcaline, l'oxyde de plomb se précipite en même temps que le sel. La méthode employée ici permet de reconnaître ce cas. On constate en effet que l'addition d'alcali aux liqueurs précipitantes fait augmenter l'alcalinité du précipité suivant une fonction régulièrement croissante sans que par addition continue d'alcali on puisse constater la constance de la composition du précipité. C'est ainsi que le tableau suivant nous montre qu'il n'apparaît pas d'oxyiodure de plomb dans la précipitation alcaline de l'iodure de plomb.

Solution de $(NO^3)^2Pb$ $0^{mol},05$ par litre. — Rapport HONa/INa dans le liquide précipitant.	Solution de IK $0^{mol},05$ par litre. — Rapport I/Pb dans le précipité.
0,5	0,93
1	0,52
3	0,45
5	0,36
7	le précipité ne se forme plus

Nous avons étudié suivant ces principes la précipitation méthodique de quelques sels de plomb et nous avons rencontré avec certitude les composés suivants :

$$CO^3Pb, \quad 2CO^3Pb.Pb(OH)^2;$$
$$CrO^4Pb, \quad CrO^4Pb.Pb(OH)^2, \quad CrO^4Pb.2Pb(OH)^2;$$
$$Cl^2Pb.Pb(OH)^2, \quad Cl^2Pb.6Pb(OH)^2;$$
$$SO^4Pb.3Pb(OH)^2, \quad 2SiO^2.3Pb(OH)^2;$$
$$B^2O^3.Pb(OH)^2, \quad 2B^2O^3.7Pb(OH)^2.$$

Nous n'avons pas retrouvé de cette manière un nombre considérable de sels basiques antérieurement décrits, soit qu'ils n'existent pas, soit qu'on ne les obtienne que par voie sèche, soit encore qu'ils nécessitent pour se former un temps très long de contact avec les réactifs. Par contre le sel $2B^2O^3.7Pb(OH)^2$ n'a jamais été décrit.

([1]) Cox, *Zeit. agron. Chem.*, 50, 1906, p. 234.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage des halogènes dans les matières organiques par la méthode au sodammonium.* Note [1] de M. **Firmin Govaert.**

Chablay [2] a attiré l'attention des chimistes sur la possibilité d'employer ces métaux-ammoniums dans l'analyse des matières organiques halogénées.

Dains, Vaughan et Janney [3] étudièrent également cette méthode de dosage. Le procédé consiste à porter dans une éprouvette, renfermant environ 50^{cm^3} d'ammoniaque liquide, à peu près $0^g,2$ de la substance organique halogénée à analyser. On ajoute ensuite du sodium en petits morceaux fraîchement découpés jusqu'à ce que la coloration bleue due au sodammonium persiste pendant au moins une demi-heure. On laisse alors évaporer l'ammoniaque, on reprend par de l'eau, on filtre éventuellement la solution et l'on dose l'ion halogène par une des méthodes connues.

Dans le cas où la matière organique soumise à l'analyse est insoluble dans l'ammoniaque liquide, il arrive que ce mode opératoire ne donne pas entière satisfaction. En effet la réaction est alors excessivement lente et la décomposition est très souvent incomplète de sorte que l'on obtient des résultats beaucoup trop faibles. Dans le but d'obvier à ces inconvénients, Vaughan et Nieuwland [4] modifièrent le procédé de Chablay.

Ces auteurs ajoutent lentement à l'ammoniaque liquide un dissolvant organique inerte vis-à-vis du sodammonium jusqu'à ce que toute la matière soit entrée en dissolution. Ils ajoutent ensuite 1^g de sodium en petits morceaux et ils laissent reposer pendant 1 à 2 minutes. A ce moment la solution encore fortement colorée en bleu (fort excès de sodium) est additionnée d'une solution de 5^g de nitrate d'ammonium dans l'ammoniaque liquide pour détruire l'excès de sodium. On laisse alors évaporer l'ammoniaque et l'on opère comme d'habitude. Cette façon d'opérer ne résout pas encore complètement le problème. Il faut en effet que le dissolvant soit à la fois miscible à l'ammoniaque liquide et dissolve aisément la matière à analyser. Les auteurs cités plus haut indiquent comme dissolvants, remplissant ces conditions, l'éther, la butylamine et le diméthylacétal. Le choix des dissolvants possibles ne paraît donc guère étendu et plusieurs d'entre eux ne sont guère usuels.

Comme au cours d'une étude de la réaction du sodium sur la tétrabromepentaérythrite

$$\begin{array}{c} CH^2Br \\ | \\ CH^2Br - C - CH^2Br \\ | \\ CH^2Br \end{array}$$

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) M. E. Chablay, *Ann. Chim.*, 9e série, 1, 1914, p. 469-519.

(3) *J. am. chem. Soc.*, 40, 1918, p. 936.

(4) *Ind. Eng. chem.* (anal. éd.), 3, 1931, p. 274.

dans l'ammoniaque liquide, il importait de savoir si les quatre atomes de brome étaient enlevés quantitativement avec formatton de NaBr, nous étions amené à appliquer cette méthode d'analyse.

Le seul dissolvant possible était le toluène qui est précisément insoluble dans l'ammoniaque liquide. Nous nous sommes demandé alors si l'on ne pourrait remédier à la non-miscibilité en agitant assez énergiquement pour obtenir une émulsion.

C'est ainsi que nous avons adopté le mode opératoire suivant :

On porte dans 30 à 50$^{cm^3}$ d'ammoniaque liquide, 0^g,1 à 0^g,5 de la substance halogénée. Si celle-ci est insoluble on ajoute 10 à 15$^{cm^3}$ d'un dissolvant inerte vis-à-vis du sodammonium, miscible ou non avec l'ammoniaque liquide, mais qui puisse dissoudre la matière à analyser ne fût-ce qu'en quantité très faible. On agite alors la solution mécaniquement et d'une manière très énergique pour obtenir l'émulsionnement. Dans le liquide rendu de cette façon quasi homogène, on laisse tomber un petit morceau de sodium ($\pm$ 0^g,1). La réaction s'opère aussitôt et la coloration bleue due au radical sodammonium disparaît presque instantanément. On continue l'addition du métal Na jusqu'au moment où la décoloration de la solution demande environ une à deux minutes (le plus souvent trois à cinq morceaux de sodium suffisent). On laisse alors évaporer l'ammoniaque, on reprend par l'eau et l'on effectue le dosage par une des méthodes connues. Cette façon d'opérer évite, comme on voit, l'emploi d'un fort excès de sodium, quelle que soit la quantité de substance employée et rend par conséquent inutile l'addition de la solution de nitrate d'ammonium dans l'ammoniaque liquide employée par Vaughan et Nieuwland.

L'analyse de la tétrabromepentaérythrite par cette méthode nous a fourni les résultats suivants :

Quantité de substance employée.	Ag Br trouvé.	Br trouvé pour 100.
0,2631	0,5081	82,27
0,3618	0,7009	82,53
0,5554	1,069	81,98
0,6720	1,310	82,96
Calculé pour $C(CH^2Br^4)$	–	82,47

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les chlorures d'acides arylsulfureux et sur les sulfites mixtes d'aryle et d'alcoyle.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Les chlorures d'acides arylsufureux (chlorosulfites de phénols) Ar.O.SOCl ne peuvent s'obtenir par les réactions qui donnent facilement les chlorures d'acides alcoylsulfureux R.O.SOCl ([1]).

Nous avons pensé que ces chlorosulfites pourraient se préparer en faisant réagir le chlorure de thionyle sur les sulfites neutres d'aryle, suivant

$$SO(OAr)^2 + SOCl^2 = 2Ar.O.SOCl.$$

Nos prévisions se sont trouvées vérifiées. Cette réaction, qui est applicable aussi bien aux chlorures d'acides alcoylsulfureux qu'aux chlorures d'acides arylsulfureux, permet d'obtenir ces derniers avec d'excellents rendements.

La réaction du chlorure de thionyle sur les sulfites neutres a été entrevue par Geuther et Roschlau ([2]), et par Stähler et Schirm ([1]), mais ces auteurs n'ont pas isolé les chlorosulfites, ni démontré leur formation. Les chlorures d'acides arylsulfureux ainsi formés ne peuvent en effet être distillés dans le vide sans décomposition. On peut cependant, comme il est dit plus loin, les obtenir presque purs, et étudier leurs réactions.

Ils sont décomposés par l'eau suivant

$$ArOSOCl + H^2O = ArOH + SO^2 + HCl$$

avec des facilités diverses selon la nature du radical Ar. C'est ainsi que la décomposition par l'eau du chlorosulfite de phényle est instantanée, à la température ordinaire, tandis que la décomposition du chlorosulfite d'*o*-crésyle ne se produit qu'après quelques minutes, et que dans le cas du chlorosulfite d'α-naphtyle la décomposition n'a lieu qu'en chauffant légèrement avec l'eau.

Ils réagissent très aisément sur l'acide formique suivant :

$$ArOSOCl + HCOOH = ArOH + SO^2 + CO + HCl.$$

([1]) H. Meyer, *D. ch. Ges.*, **42**, 1909, p. 1163; Stähler et Schirm, *D. ch. Ges.*, **44**, 1911, p. 379; Darzens, *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1314 : P. Carré et P. Mauclère, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1738.

([2]) Geuther et Roschlau, *Lieb. Ann.*, **223**, 1884, p. 224.

ce qui démontre bien que l'on se trouve en présence d'un chlorure d'acide arylsulfureux et non d'un mélange équimoléculaire de sulfite neutre d'aryle et de chlorure de thionyle.

Leur réaction sur les alcools permet de préparer facilement les sulfites mixtes d'aryle et d'alcoyle :

$$ArOSOCl + ROH = HCl + SO(OAr)(OR),$$

réaction lente, mais qui devient rapide en présence d'une molécule de pyridine. La plupart de ces sulfites mixtes peuvent être purifiés par distillation dans le vide.

Chauffés avec la pyridine ou la quinoléine, les chlorures d'acides arylsulfureux sont décomposés, mais ne donnent pas le chlorure d'aryle correspondant, contrairement aux chlorures d'acides alcoylsulfureux qui, dans les mêmes conditions, donnent les chlorures d'alcoyle (¹).

Le *chlorure d'acide phénylsulfureux* C^6H^5OSOCl se prépare ainsi : Le phénol est d'abord transformé en sulfite neutre de phényle, suivant le mode opératoire indiqué par Richter (²); on ajoute une molécule de chlorure de thionyle à 2 molécules de phénol, en présence de 2 molécules de pyridine, dans le sulfure de carbone; on filtre le chlorhydrate de pyridine; la solution de sulfite neutre de phényle ainsi obtenue est additionnée d'une molécule de chlorure de thionyle (avec un excès de 10 pour 100) dilué dans le sulfure de carbone; on laisse reposer 12 heures, puis on distille dans le vide le sulfure de carbone et l'excès de chlorure de thionyle à une température inférieure à 50°. Il reste ainsi le chlorure d'acide phénylsulfureux, ou chlorosulfite de phényle, liquide fumant à l'air.

On obtient de même les chlorosulfites d'*o*-, de *m*- et de *p*-crésyle, de *p*-chlorophényle, d'α- et de β-naphtyle, tous liquides, sauf le chlorosulfite d'α-naphtyle qui se sépare de sa solution dans l'éther en cristaux qui se résinifient rapidement quand on essaye de les isoler.

La transformation des chlorures d'acides arylsulfureux en *sulfites mixtes d'aryle et d'alcoyle* s'effectue de la façon suivante : on dissout 1 molécule de chlorosulfite dans l'éther anhydre, on ajoute un mélange équimoléculaire de l'alcool avec la pyridine également dilué dans l'éther anhydre, on filtre le chlorhydrate de pyridine, on lave la solution éthérée avec l'acide chlorhydrique très dilué, avec l'eau, avec la soude très diluée, enfin avec l'eau, on sèche sur le sulfate de soude anhydre, on distille l'éther et l'on rectifie dans le vide.

On a ainsi préparé les *sulfites mixtes : de phényle et de méthyle*, liquide distillant à 128-130° sous 20^{mm}; *de phényle et d'éthyle*, distillant à 142-144° sous 25^{mm}; *de phényle et de n-butyle*, distillant à 170-173° sous 20^{mm}; *d'o-tolyle et de méthyle* non distillable sans décomposition; *d'o-tolyle et d'éthyle*, distillant à 145-147° sous 20^{mm};

(¹) Voir note (¹), p. 799.
(²) RICHTER, *D. Ch. Ges.*, 49, 1916, p. 2339.

d'o-tolyle et de n-butyle, distillant à 170-173° sous 13^mm^; *de m-tolyle et de méthyle*, distillant à 137-140° sous 25^mm^; *de m-tolyle et d'éthyle*, distillant à 147-150° sous 25^mm^; *de m-tolyle et de n-butyle*, distillant à 178-180° sous 20^mm^; *de p-crésyle et de méthyle*, distillant à 134-136° sous 20^mm^; de *p-crésyle et d'éthyle*, distillant à 146-149° sous 20^mm^; *de p-crésyle et de n-butyle*, distillant à 175-177° sous 25^mm^; les sulfites mixtes d'alcoyle et d'α- ou de β-naphtyle ne peuvent être distillés sans décomposition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la β-éthylnaphtaline.* Note de M. **Georges Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

Continuant mes recherches sur la β-éthylnaphtaline, j'ai entrepris l'étude des dérivés mononitrés obtenus par nitration directe du carbure.

On sait que, dans la nitration de la naphtaline, le groupe NO^2 se place exclusivement en position α. Cette règle, appliquée à la β-éthylnaphtaline, fait prévoir seulement quatre isomères sur les sept possibles et, en fait, le produit de la réaction est un mélange complexe d'isomères dont il m'a été possible d'isoler à l'état cristallisé la α_1-nitro-β_1-éthylnaphtaline.

J'ai opéré la mononitration de la manière suivante :

On dissout 156^g^ (1^mol^) de carbure dans 250^g^ d'acide acétique cristallisable. On refroidit à 3°, et l'on écoule lentement en agitant 80^g^ d'acide nitrique à 100 pour 100, de manière à ne pas dépasser 10°. Le produit reste homogène. On le maintient pendant 2 heures à la température ordinaire, puis on le chauffe progressivement pendant 3 heures à 80°. On traite par l'eau et l'on reprend à l'éther. La solution éthérée, lavée au carbonate et évaporée, abandonne le dérivé nitré en quantité théorique (200^g^). En refroidissant, on n'obtient que 40^g^ de produit cristallisé fondant brut à 47°-48°.

Ce dérivé cristallisé dans l'alcool bouillant fond à 49°,5-50°. Pour établir sa constitution, je l'ai successivement transformé en amine, puis en un naphtol qui s'est trouvé être un éthylnaphtol de constitution connue.

Réduction en amine. — On met en suspension 12^g^ de dérivé nitré cristallisé dans 140^g^ d'acide acétique à 50 pour 100, puis on porte à l'ébullition. On ajoute petit à petit 12^g^ de fer en poudre; la réaction est très vive; on la prolonge par une ébullition de 4 heures.

L'amine est transformée en son chlorhydrate, presque insoluble dans l'eau où il se précipite en une poudre d'un blanc grisâtre susceptible de cristalliser en fines aiguilles blanches. Ce précipité est essoré et traité à la vapeur d'eau pour entraîner le dérivé nitré qui a pu ne pas être réduit. On ajoute ensuite un excès de soude et l'on entraîne la base à la vapeur.

On l'obtient en quantité théorique, elle cristallise facilement et fond vers 25°-28°, son dérivé acétylé après cristallisation dans l'alcool fond à 156°,2 (corrigé).

Transformation de l'amine en naphtol. — L'amine transformée en son sulfate très peu soluble est diazotée par la quantité théorique de nitrite de soude en présence d'acide sulfurique dilué. La diazotation est très facile et tout entre en solution. Cette solution filtrée est écoulée lentement dans de l'acide sulfurique à 70 pour 100 bouillant et additionné de quelques cristaux de sulfate de cuivre, Le tout est effectué dans un courant de CO^2 et de vapeur d'eau surchauffée à 170°. Le naphtol se forme presque instantanément avec un rendement de 20 pour 100.

On l'obtient en aiguilles blanches fondant à 69°. Son picrate fond à 118°,5 (119°,5 corrigé).

Je l'ai comparé au naphtol préparé par moi par un tout autre procédé [1] qui ne laisse aucun doute sur sa constitution représentée par la formule (I)

OH — C^2H^5 (I). NO^2 — α_1 β_1 — C^2H^5 (II).

Pour les points de fusion des mélanges, tant des naphtols que de leurs picrates, ces deux éthylnaphtols se sont révélés identiques. Donc le dérivé nitré cristallisé décrit plus haut a, sans doute possible, la formule (II).

Les autres dérivés mononitrés, qui accompagnent sous forme d'huile l'isomère $\alpha_1\beta_1$, seront l'objet de recherches ultérieures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions du cyclohexadiène -1.3.* Note [2] de MM. **Pierre Bedos** et **Adrien Ruyer**, transmise par M. P. Sabatier.

Les travaux de Crossley [3], de Zélinsky [4], de Harries [5] et de leurs collaborateurs ont montré que le cyclohexadiène -1.3, en solution chloroformique, fixe très rapidement deux atomes de brome tandis que la saturation complète de la molécule n'est atteinte qu'avec une extrême

(1) Georges Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1750.

(2) Séance du 2 novembre 1932.

(3) Crossley et Haas; *Chem. Soc.*, 83, 1903, p. 494; Crossley, *Chem. Soc.*, 85, 1904, p. 1403.

(4) Zélinsky et Gorsky, *D. ch. G.*, 41, 1908, p. 2479, et *Journ. Soc. phys. chim. R.*, 40, 1908, p. 1388.

(5) Harries, *D. ch. G.*, 45, 1912, p. 809 et 2586.

lenteur. On attribue couramment au bibromure ainsi obtenu ($F = 108\text{-}109^\circ$) la structure d'un dibromo-1.4-cyclohexène-Δ-2.3.

Il nous a paru intéressant d'étudier la saturation du système de doubles liaisons conjuguées du cyclohexadiène-1.3 dans des cas où il serait possible d'aboutir à des composés dont la constitution pourrait être déterminée avec certitude.

La présente Note a pour but de faire connaître les résultats obtenus dans l'action de l'acide hypoiodeux, de l'acide hypochloreux et de l'acide perbenzoïque sur le cyclohexadiène-1.3, réactions étudiées en vue de l'obtention des oxydes du cyclohexadiène.

Action de l'acide hypoiodeux. — Lorsqu'on traite le cyclohexadiène-1.3, en solution éthérée, par l'iode et l'oxyde jaune de mercure en présence d'eau, la décoloration de la solution devient très lente déjà avant d'avoir ajouté la quantité d'iode nécessaire pour fixer une molécule d'acide hypoiodeux par molécule de carbure. Tous traitements effectués l'iodhydrine se présente sous la forme d'un liquide visqueux incristallisable. Traitée par la potasse sèche, en milieu éthéré, celle-ci donne naissance à un mono-oxyde de cyclohexadiène $O < C^6H^8 \models$, que l'on isole aisément par distillation sous pression réduite ($E_{22} = 45^\circ$) : rendement 5 à 25 pour 100.

Action de l'acide hypochloreux. — Le cyclohexadiène-1.3, émulsionné avec une solution aqueuse de chloro-urée légèrement acidulée (HCl ou CH^3COOH) absorbe facilement le chlore actif correspondant à la fixation de deux molécules d'acide hypochloreux par molécule de carbure; mais le produit de la réaction, isolé par extraction à l'éther, est toujours constitué en majeure partie par un mélange de monochlorhydrine et de dichlorures. Il est donc préférable de limiter la réaction à l'action d'une seule molécule de chloro-urée.

Par des fractionnements répétés, on arrive à isoler de ce mélange une petite quantité de monochlorhydrine pure $E_{18} = 98^\circ$ cristallisant par refroidissement en petits prismes incolores fusibles à 28-29° (après essorage sur plaque poreuse). A l'état surfondu ses constantes sont : $D_4^{18} = 1,1890$, $n_D^{18} = 1,51239$, $RM = 33,45$ (théorie pour $C^6H^8ClOH \models$: 33,63). Comme l'iodhydrine, traitée par la potasse, elle engendre un mono-oxyde de cyclohexadiène $O < C^6H^8 \models$ ($E_{22} = 45^\circ$) : pratiquement on opère directement sur le mélange de chlorhydrine et de dichlorures.

Le mélange de dichlorures restant passe à la distillation entre 68° et 78° sous 12^{mm} de mercure. Après de nombreux fractionnements, les portions de queues cristallisent par refroidissement; on en isole un dichlorure, qui,

purifié par cristallisations dans la ligroïne, fond à 62°. Les constantes de la fraction de têtes ($E_{12} = 68°$-$69°$) sont : $D_4^{10} = 1,2415$, $n_D^{10} = 1,52194$, RM = 37,07 (théorie pour $C^6H^8Cl^2$ $\not=$: 36,975); celles de la fraction de queues ($E_{12} = 73°$-$77°$) (saturée de dichlorure solide) sont très voisines ($D_4^{10} = 1,2414$, $n_D^{10} = 1,52405$).

Une série d'opérations portant sur 550^g de cyclohexadiène nous a fourni environ 450^g de produit brut : après traitement par la potasse, nous avons obtenu 110^g de mono-oxyde de cyclohexadiène et 170^g de dichlorures (dont 38^g de dichlorure cristallisé).

Signalons qu'il se forme toujours une très faible proportion de dichlorhydrine $C^6H^8Cl^2(OH)^2$ cristallisant de sa solution dans l'acétone en beaux prismes fusibles à 123°.

Action de l'acide perbenzoïque. — Traité par l'acide perbenzoïque, en solution éthérée ou chloroformique, le cyclohexadiène-1.3 fixe, suivant la proportion du réactif, un ou deux atomes d'oxygène pour donner un mono-oxyde $O < C^6H^8$ $\not=$ ($E_{22} = 45°$) ou un dioxyde $O < C^6H^8 > O$ ($E_{11} = 66°$).

La préparation du mono-oxyde, corps qui possède une grande aptitude réactionnelle, a nécessité la mise au point d'une technique appropriée que nous décrirons ailleurs; celle-ci nous a permis d'élever le rendement à 85-90 pour 100.

Pour l'obtention du dioxyde, nous avons reconnu qu'il est préférable de soumettre le mono-oxyde déjà isolé à l'oxydation perbenzoïque, en solution chloroformique : le passage du mono-oxyde au dioxyde s'effectue avec un rendement de 85 à 90 pour 100.

En résumé, l'action de l'acide hypoiodeux et l'action de la chloro-urée sur le cyclohexadiène-1.3 ne permettent d'atteindre guère que les produits de saturation d'une seule liaison éthylénique, mais, par contre, l'action de l'acide perbenzoïque permet très nettement de saturer l'une après l'autre les deux liaisons doubles.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un arc antéstéphanien et sur la continuité des poussées apparentes vers l'extérieur de l'arc depuis le Lyonnais jusqu'en Corrèze.* Note de M. **A. Demay.**

La bande de micaschistes et gneiss micaschisteux de la Chaise-Dieu ne se prolonge pas vers le Nord, mais s'infléchit vers le Nord-Est ou même vers l'Est. D'après les facies et les directions, il semble ainsi très probable

qu'ils ont disparu par montée axiale au-dessus du granite du Forez et prolongent soit une des bandes synclinales de la zone lyonnaise, soit plutôt la zone d'enracinement apparent des micaschistes de Saint-Étienne.

J'ai pu les suivre vers le Sud sur la feuille du Puy, puis sur la feuille de Saint-Flour, le long de la bordure nord du massif granitique de la Margeride ([1]) et constater ainsi qu'ils rejoignent la grande masse des micaschistes d'Aurillac. La prédominance de la direction NW et les observations que j'ai pu faire près de Saint-Cernin montrent que leur limite septentrionale masquée par les formations volcaniques du Cantal rejoint le contact des micaschistes et des gneiss qui apparaît près de Mauriac et que l'on suit ensuite facilement jusqu'au Nord de la Dordogne, en Corrèze.

Depuis le Forez jusqu'en Corrèze, la zone micaschisteuse est bordée au Nord par un complexe granito-gneissique. Malgré l'intensité du métamorphisme et des phénomènes intrusifs, il accuse une tectonique bien réglée avec des directions axiales parallèles à celles qui sont observables dans la zone micaschisteuse ou définie par le contact des deux zones. Elles correspondent dans l'ensemble à un arc largement ouvert, convexe vers le Sud ([2]). Le passage de la direction SW aux directions W et NW se fait à l'Est de Champagnac-le-Vieux près Brioude par des ondulations ou parfois des changements brusques répétés. Il se fait de même assez brusquement entre Frugières-le-Pin et Vals-le-Châtel dans une zone de torsion directement observable. Entre Langeac et la Truyère, la direction axiale passe au contraire lentement de SW à W, s'oriente franchement vers l'WNW et le NW au Sud du Plomb du Cantal, puis garde la même direction jusqu'en Corrèze. Les axes s'épanouissent à l'Ouest et se resserrent entre Langeac et Brioude, et plus encore à l'Ouest et au Nord de la Chaise-Dieu.

Dans la zone granito-gneissique, en dehors de quelques parties d'allure tangentielle (à l'Est de Clavières par exemple), la structure diamétrale accuse des plis aigus, racines ou écailles qui dans la partie sud sont déversés.

([1]) M. de Launay a signalé récemment des micaschistes avec quartzites entre les gneiss de Garabit et le granite de la Margeride (*Bull. Serv. Carte*, 35, 1932, p. 21).

([2]) Le dessin des directions apparaît déjà en partie sur une carte de M. M. Boule (*Bull. Carte géol.*, 11, p. 285, et *C. R. exc. Cong. géol. int.*, 1900). D'autre part, pour les pendages, j'ai utilisé, outre mes propres observations, les indications portées par M. Boule sur la feuille de Brioude et sur la feuille de Saint-Flour (2e édition) non encore parue que M. Boule m'a aimablement autorisé à consulter. Pour la partie ouest, M. de Launay a lui aussi noté (*Bull. Serv. Carte*, 35, 1932, p. 56) que le plissement « précarbonifère » a esquissé un éventail qui passe de E-W à NNW.

vers l'extérieur de l'arc. Les micaschistes ont d'abord une allure identique, puis souvent vers le Sud se couchent et prennent une allure tangentielle. De même qu'à la limite des zones lyonnaise et cévenole, du granite et des gneiss catamétamorphiques, gneiss granitoïdes, gneiss alcalins d'injection, sont poussés sur des gneiss feuilletés, alcalins ou à biotite, et ceux-ci sur la zone micaschisteuse. Le granite alcalin de la Chaise-Dieu intrusif dans les micaschistes est poussé sur ceux qui le bordent à l'Est. Sur la feuille d'Aurillac les micaschistes sont eux-mêmes poussés sur des schistes faiblement métamorphiques [1]. Tout le long de l'arc le sens de poussée est confirmé par l'observation de crochons déversés ou couchés (Sud de Mayres, Sud de Champagnac, Clavières, Saujac, Sud de Pléaux, Lapleau, Saint-Pantaléon). Les parties laminées ou écrasées qui apparaissent dans la série granito-gneissique au voisinage de la zone micaschisteuse et plus au Nord définissent des surfaces de poussée plus ou moins continues et sans doute relayées (Cubelles, Ouest de Cistrières, bordure Est du granite de la Chaise-Dieu depuis la pointe sud jusqu'au Nord de Saint-Pal-de-Murs, Vert, région de Langeac, Pinols, Paulhac, Clavières, vallée de la Truyère, Ouest de Mauriac, vallée de la Dordogne, Saint-Pantaléon, Saint-Hilaire-Foissac).

A son extrémité Ouest, la zone granito-gneissique semble disparaître au moins partiellement par ennoyage sous les micaschistes de la Corrèze, où l'on aperçoit encore la même direction axiale, une allure isoclinale et des zones laminées.

Les mouvements essentiels sont dans l'ensemble postérieurs à l'injection granitique. Les bandes et noyaux feldspathiques des gneiss d'injection, les grains des lits granitoïdes sont engagés. Mais l'observation de plis qui se fondent dans la matière granitique (Sud de Vals-le-Châtel, Ouest de Champagnac, Nord de Chastel, Est de Langeac, Vallée de la Truyère, Nord de Saint-Pantaléon en Corrèze) montre qu'en certaines parties au moins la montée du granite a été syntectonique. Au contraire le granite de la Margeride intrusif dans la zone micaschisteuse, est probablement postérieur aux mouvements essentiels, bien que certains faits laissent quelque doute à cet égard.

Ainsi se dégagent pour la tectonique antéstéphanienne du Massif central des données nouvelles et fondamentales : existence d'un arc antéstéphanien, tracé depuis la Corrèze jusque dans le Forez et prolongeant probablement

---

(1) Quant à ce dernier point M. Boule a signalé la disposition inversée, sans admettre le renversement tectonique (*Bull. Serv. Carte géol.*, 11, 1900, p. 288).

la zone de plis aigus et racines du Lyonnais, permanence des poussées apparentes vers l'extérieur de l'arc et poussée d'une zone granito-gneissique sur les micaschistes sur cette longueur d'environ 300^{km}, liaison axiale des micaschistes de Saint-Étienne ou du Lyonnais et de ceux d'Aurillac et de la Corrèze. Cette interprétation diffère de celle formulée par M. E. Raguin en 1930 (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 30, p. 72). Elle s'accorde bien avec l'interprétation donnée récemment par M. de Launay pour la partie ouest du massif central ([1]). Les mouvements étudiés dans la présente Note appartiennent certainement à la « première étape » de M. de Launay, bien qu'un problème délicat se pose à propos de leur âge.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du Luberon (Provence).* Note ([2]) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. de Launay.

Le Luberon est un chaînon de direction Est-Ouest qui occupe une position intermédiaire entre les montagnes de Provence et la première chaîne subalpine formée par le Ventoux et la Montagne de Lure. Il est séparé des Alpilles, au Sud-Ouest, par la Durance dont il domine au Nord le cours inférieur.

Kilian a montré ([3]) dans le Luberon la trace de deux efforts distincts, respectivement antérieur et postérieur au dépôt de la mollasse marine. Nous avons pu les dater avec plus de précision et les séparer d'une façon assez complète.

Le premier, d'âge pyrénéo-provençal, se place entre le Lutétien ou le Bartonien inférieur et le Ludien. Le Luberon éocène était un anticlinal simple, légèrement déversé vers le Sud, dont la zone d'intensité maximum se plaçait à l'extrémité occidentale de la chaîne actuelle. Dans cette région, un pli couché vers le Sud s'y juxtapose au Sud (près de Mérindol) avec un chevauchement atteignant quelques centaines de mètres. Ce pli couché prolonge, par l'intermédiaire des Plaines d'Orgon, l'anticlinal septentrional des Alpilles qui forme le pli-faille des Baux.

Le plissement éocène du Luberon s'étendait en droite ligne vers l'Est, avec une intensité très fortement décroissante. Il était relayé par un second

([1]) L. de Launay, *Bull. Serv. Carte géol.*, 35, 1932, p. 12.
([2]) Séance du 2 novembre 1932.
([3]) *Comptes rendus*, 115, 1892, p. 1024.

pli parallèle situé plus au Nord et passant par Volx. Cet accident comportait vraisemblablement des dislocations assez importantes mais il n'est visible qu'à la faveur d'un anticlinal postérieur le coupant à angle droit et ne saurait être étudié d'une façon détaillée.

Le lac oligocène qui s'est étendu sur toute cette région a recouvert, dès le Tongrien, la partie orientale du Luberon et, à l'Aquitanien seulement, l'accident de Volx. Le prolongement du Luberon n'en joue pas moins, à l'Aquitanien, le rôle d'une limite entre deux régions où la sédimentation accuse des caractères nettement différents. Elle est plus détritique dans la région méridionale et plus calcaire dans la région septentrionale qui est caractérisée par un approfondissement graduel et par la présence de lignites (Manosque).

On ne trouve une discordance angulaire entre Aquitanien et Burdigalien, en relation avec le mouvement alpin que plus au Nord. Elle n'apparaît, d'ailleurs très faible, qu'en un point au pied des monts de Vaucluse (Viens). Le Luberon lui-même n'a été affecté d'aucun mouvement à cette époque.

Au Pontique seulement est apparu un plissement anticlinal, dont la direction varie de l'Est au Nord-Nord-Est et dont la concavité est tournée vers le Nord-Ouest. Il a rajeuni une partie de la chaîne éocène et a pris en écharpe le bassin oligocène qui la séparait de la chaîne de Volx en coupant cette dernière presqu'à angle droit au voisinage de cette localité. En même temps, la région de Valensole s'affaissait progressivement sous l'apport du delta torrentiel de la Durance.

Le plissement du Miocène supérieur n'a pas affecté la partie occidentale du Luberon. On y retrouve inaltéré le plateau arasé sur lequel s'est faite la transgression miocène, ainsi qu'un autre plateau plus élevé, d'âge indéterminé.

Le Luberon, comme les monts de Vaucluse plus au Nord, est limité à l'Ouest par une série d'effondrements avec failles; ils sont pour une petite part seulement antérieurs au Miocène. Le seul témoin du prolongement du Luberon qui perce encore la plaine alluviale, le Rocher Saint-Jacques à Cavaillon, est couronné par un plateau qui paraît avoir la même origine que ceux du Luberon.

Le Luberon apparaît donc comme un accident pyrénéo-provençal assez simple comme tous ceux de la Provence septentrionale. Il a été rajeuni dans sa partie orientale par un anticlinal comtemporain de la dernière phase alpine.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Indosinides*. Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Ch. Jacob.

La nécessité d'apporter une plus grande précision dans la chronologie des phénomènes orogéniques en Indochine m'a conduit à désigner sous le nom d'*Indosinides* l'ensemble des chaînes plissées d'âge néotriasique.

Pour le Nord de l'Indochine, ces plissements ont déjà fait l'objet, en 1925, d'une synthèse de M. Ch. Jacob, qui donne un exposé complet de l'état de la question à cette époque.

Depuis, mes recherches personnelles dans le Nord du Tonkin, dans le Haut et le Moyen Laos, jointes à quelques itinéraires dans l'Ouest du Siam et au Cambodge m'ont permis de reconnaître la grande extension de ces phénomènes autour d'un avant-pays ancien, l'*Indosinia*, dont la structure, tabulaire dans l'ensemble, contraste avec le reste de l'Indochine. Pour le moment, je ne dirai rien de plus au sujet du plan des Indosinides. Je fournirai simplement : 1° un aperçu des conditions de stabilité dans lesquelles se trouvait l'Indochine au moment de ces plissements; 2° un résumé des manifestations orogéniques qui les caractérisent.

En dehors de l'*Indosinia*, dont il a été question dans une précédente communication fournie avec M. F. Bonelli au sujet du Cambodge [1], on observe à peu près partout en Indochine une discontinuité importante entre l'Anthracolithique et le Trias. En effet, à l'exception d'une région très limitée dans l'Est du Tonkin, les dépôts marins fossilifères du Werfénien ne sont connus que beaucoup plus au Nord, dans les environs d'Amitchéou (Yunnan), où, avec notamment *Tirolites Darwini*, ils n'ont des affinités qu'avec l'Europe. Cette époque correspond donc à une vaste régression de la mer, régression confirmée d'ailleurs par l'introduction, dans les flores triasiques qui vont suivre, de plusieurs éléments du Permien et du Trias des séries de Gondwana (*Palaeovittaria Kurtzi*, *Glossopteris indica* et *Noeggerathiopsis Hislopi*).

Par son étendue, cette régression conduit à admettre que l'Indochine, dès cette époque, était consolidée. L'arrivée des mers mésotriasiques ne s'est produite que suivant certaines zones étroites, assez bien connues aujourd'hui et qui, en ce qui concerne le Nord du Tonkin, viennent converger en un point situé aux environs de Laichau. Ces zones correspondent à des disjonctions; elles se sont formées sur l'emplacement ou aux abords d'anciens géosynclinaux hercyniens.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 538.

L'importance de ces disjonctions ne fut jamais très grande et la cause qui les créa cessa brusquement d'agir à la fin du Carnien, qui correspond au maximum de profondeur des mers triasiques et qui marque le début de la formation des Indosinides. L'étage inférieur du Trias supérieur est en effet caractérisé, dans l'axe des disjonctions, par des Schistes à Ammonites et à Halobies. Je citerai, parmi mes trouvailles personnelles, les schistes à *Halobia*, *Tropites phœnix*, *Acanthinites*, etc. des environs de Luang Prabang, ceux à *Halobia*, *Discotropites Plinii*, *Arcestes*, etc. de la région située entre Phong Tho et Ban Nam Cuong, les schistes à *Halobia* et *Drepanites* du haut Nam Ma [1] et ceux à *Halobia* des environs de Thanh Uyen. Les découvertes antérieures faites dans la vallée supérieure de la Rivière Noire et à Dien Bien Phu jalonnent le raccord avec Luang Prabang, de même que celles faites sur le plateau de Nong Kou et dans la basse Rivière Noire marquent le prolongement de la disjonction orientale dans la direction du littoral du Golfe du Tonkin.

Les bords de ces dépressions sont indiqués par des sédiments gréso-schisteux à Lamellibranches ou même sans fossiles : c'est ainsi qu'à l'Est de la dépression Phong Tho-Binh Lu, j'ai recueilli, contre le cristallin du Fan Si Pan, des Myophories; que le plateau du Sin Tiai a donné à L. Dussault et à moi-même, sous une nappe de charriage, des Lamellibranches écrasés et que j'ai trouvé en outre entre les rhyolites et le terrain rouge norien de mauvaises Anodontophores, à l'Ouest de la dépression Laichau-Dien Bien Phu.

En dehors de ces étroites dépressions, le Trias n'est plus marqué jusqu'au sommet du Carnien que par quelques dépôts détritiques dépourvus de fossiles. Il faut faire exception toutefois pour le Sud de l'Indochine (Cambodge), où des fossiles marins ont été recueillis jusque dans le domaine de l'Indosinia (J. Fromaget et F. Bonelli, *loc. cit.*).

La disposition des terres et des mers à la fin du Carnien est à la base de la tectonique des Indosinides qui peut se résumer ainsi : *une rejonction au Norien des éléments de l'ancien bloc hercynien, disjoints après le Trias inférieur.*

C'est pourquoi cette orogénie est très spéciale et comprend comme éléments essentiels le pli de fond cassant et le pli de couverture d'assez faible déplacement mais s'étendant sur de longues distances. Les chaînes géosyn-

---

[1] Ce *Drepanites* a été recueilli au cours d'une excursion faite en compagnie de MM. Hoffet et Saurin.

clinales sont réduites à des plis isoclinaux, formés de matériel posthercynien alternant avec des écailles de matériel plus ancien. Enfin, les actions en retour, simulant parfois de véritables charriages, sont souvent bien développées à l'arrière des zones charriées. Des venues éruptives consécutives à ces mouvements s'observent en différents points; je citerai à ce sujet, parmi mes observations personnelles, les intrusions de minettes et de trachyte de la région Phong Tho-Binh Lu (Tonkin) et celles de trachyandésites de la province de Vinh (Annam).

La formation des Indosinides fut accompagnée d'un grand mouvement de la mer : la régression norienne, dont les dépôts principalement détritiques et subcontinentaux (poudingues, terrains rouges, grès et schistes anthracifères) sont discordants sur le Carnien et supportent souvent les nappes.

Un fait intéressant et qu'il importe de mettre en lumière, à cause des conséquences qu'il entraîne, est la rareté des schistes lustrés dans le matériel neuf des Indosinides. Les plus forts écrasements tels que la mylonitisation des roches éruptives et la formation de séricite ne s'observent guère que sur de faibles épaisseurs, et on ne les connaît que dans les surfaces de traînage des nappes et surtout dans les zones en friction des charriages cassants.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du Paléozoïque de l'Elbourz central.* Note (1) de M. **A. Rivière**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai recueilli des faunes paléozoïques abondantes dans l'Elbourz central, notamment en de nombreuses localités nouvelles. Dans les listes ci-dessous, je ne cite que les espèces non signalées dans chaque gisement.

Dévonien supérieur (couches à *Spirifer Verneuilli*).

I. Chaîne d'Imam Zaneh Hachim. — *a.* Gisement de Mobarecke : *Rhynchonella Omaliusi* Gosselet. — *b.* Gisement de Muscha : *Spirifer Seminoi* De Verneuil, *Productella Herminæ* Frech, *Productella Forojuliensis* Frech, *Orthis arcuata* Phillips.

II. Région de Schemchack. — *a.* Gisement de Dorun (loc. nouv.) : *Spirifer Verneuili* Murchison, *Rhynchonella pugnus* Martin, *Rhynchonella* cf. *pleurodon* Phillips, *Rhynchonella livonica* V. Buch. — *b.* Gisement de Nesa, vallée du Keredje (loc. nouv.) : *Spirifer Verneulli* Murchison, *Rhynchonella impleta* Sowerby, *Rhynchonella cuboides* Schnur. (var. *cilico-armenica* Frech).

(1) Séance du 24 octobre 1932.

Carbonifère.

I. Chaîne de Schah Abdul Azim : *Michelinia grandis* Mc Coy, *Productus semireticulatus* Martin, *Productus sulcatus* Sow., *Productus cora* d'Orb., *Martinia glabra* Mart., *Productus costatus* Sow., *Reticularia lineata* Mart., *Buxtonia* sp., *Productus Vischnu* Waagen, *Spirifer mosquensis* Fischer, *Meekella Delepinei* var. nov.

II. Chaîne de Zarinkouh. — Gisement du Delitchaï (loc. nouv.) : *Spirifer tornacensis* de Koninck.

III. Chaîne d'Imam Zadeh Hachim. — Gisement de Mobarecke (loc. nouv.) : *Spirifer tornacensis* de Koninck, *Spirifer striatus* Bolland, *Productus derbiensis* Muir-Wood, *Productus longispinus* Sow., *Productus Vaughani* Muir-Wood, *Productus cora* d'Orb., *Buxtonia scabricula* Martin *Chonetes Hardrensis* Phillips, *Syringothyris cuspidata* Martin.

IV. Région de Firouzkouh. — Gisement de Goudack : *Davisiella comoides* Sow., *Cyathophyllum* (*Palæosmilia*) *Murchisoni* Milne-Edwards et Haime, *Productus cora* d'Orb., *Productus corrugatus* Mac Coy.

V. Région de Schemchack. — *a*. Gisement de Derbendesar (loc. nouv.) : *Athyris expansa* Phillips, *Athyris* (*Actinoconchus*) *plano-sulcata* Phillips, *Productus derbiensis* Muir-Wood, *Productus longispinus* Sw., *Productus insculptus* Muir-Wood, *Productus lobatus* Sow., *Zaphrentis Omaliusi* Milne-Edwards et Haime, *Saccammina Carteri* Brady. — *b*. Entre Schemchack et Lalun (loc. nouv.) : *Caninia cylindrica* Scouler.

VI. Région Nord de l'Elbourz. — *a*. Vallée du Tchalousse : *Spirifer rajah* Salter, *Camarophoria globulina* Phillips. *Zaphrentis Enniskilleni* Milne-Edwards et Haime, *Dalmanella Michelini* Léveillé. — *b*. Gisement de Miksas (loc. nouv.) : *Productus pinguis* Muir-Wood, *Productus* aff. *minutus* Muir-Wood, *Productus pustulosus* Phillips, *Productus margaritaceus* Phillips, *Chonetes Buchiana* De Koninck, *Orthotetes crenistria* Phillips. — *c*. Environs de Kitan (loc. nouv.) : *Caninia patula* Michelin.

Parmi les espèces citées, vingt-sept environ sont nouvelles pour la région étudiée et, à ma connaissance, pour l'Elbourz. Si la plupart d'entre elles, banales, ont une aire de répartition très étendue, quelques-unes sont cependant particulièrement intéressantes :

I. *Spirifer Seminoi* de Verneuil, considéré comme limité au Dévonien moyen en Russie, a subsisté ici plus longtemps et est trouvé dans le même gisement et presque dans les mêmes couches que *Spirifer Verneuili* Murchison.

II. *Productus Vischnu* Waagen est une espèce très rare des niveaux moyens des calcaires à *Productus* de l'Inde. Il est voisin de *Productus boliviensis* d'Orb. connu dans l'Ouralien de Russie. *Spirifer mosquensis* Fischer et des *Meekella* voisines de *Meekella baschkirica* Tschern. de l'Ouralien accompagnent *Productus Vischnu* Waagen dans le gisement de Schah Abdul Azim. Comme il est des formes ouraliennes pratiquement indistin-

gables de *Spirifer mosquensis*, cette association peut être considérée comme indiquant l'Ouralien ou à tout le moins le Moscovien supérieur.

III. *Spirifer rajah* Salter est du groupe *fasciger*. Les échantillons de la vallée du Tchalousse sont à peu près identiques à ceux décrits et figurés par Carl Diener (Permian fossils of the Northern Himalaya, Palaeontologia Indica. ser. XV, vol. I, part. 5, page 105, pl. IV, *fig.* 3, 4 et 5). Cet auteur considère *Spirifer rajah* Salt. comme l'un des « leading fossils » des couches de Kuling qui semblent devoir être rapportées au Permien moyen. Les formes persanes se rapprochent également de *Spirifer fasciger* Keyserling, var. *paucicostulata* Cowper Reed de l'Ouralien du Pamir et de *Spirifer Gwinneri* Frech du Dinantien d'Asie Mineure. L'espèce du Tchalousse, tout en jalonnant la dispersion du groupe *fasciger*, reste d'un âge incertain, probablement assez élevé en raison de son absence dans les faunes dinantiennes du reste de la chaîne.

A part les exceptions précédemment citées, les faunes recueillies sont dinantiennes. Dans les régions centrales (chaîne d'Imam Zadeh Hachim, Zarinkouh) les associations fauniques montrent même très bien la présence du Tournaisien. Plus au Nord, ainsi qu'au Sud dans la montagne de Schah Abdul Azim, ce niveau est beaucoup moins net. La série calcaire fossilifère semble y commencer avec le Viséen, ou tout au moins avec les couches de passage entre les deux niveaux.

Il y aurait donc eu dans l'Elbourz central une transgression viséenne, phase finale de l'invasion marine qui a débuté à la fin du Dévonien.

HYDROLOGIE. — *Sur l'utilisation des observations d'échelles sur les fleuves en vue de la recherche de cycles climatériques.* Note [1] de M. **Jean Legrand**, présentée par M. d'Ocagne.

J'ai cherché [2] à montrer que le rapprochement des lectures d'échelles de crues faites journellement sur le Nil, le Niger et le Mékong pouvait mettre en évidence une corrélation entre les régimes de ces trois fleuves, lesquels dépendent des précipitations annuelles dans leurs bassins de formation.

Les pluies saisonnières tropicales sont dans lesdits bassins très irrégu-

---

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1286.

lièrement distribuées entre des stations très rapprochées, de même qu'un orage peut crever sur un faubourg ou un quartier de Paris sans intéresser le quartier voisin.

En considérant un phénomène intégrateur des précipitations atmosphériques, ou du moins de leur fraction non évaporée ni infiltrée, à savoir le débit total écoulé dans une section déterminée du fleuve qui les draine, on peut se passer du dépouillement fastidieux d'observations pluviométriques provenant de postes locaux dont le réseau manque d'ailleurs de densité, ce qui fait que la moyenne des observations recueillies et dont la valeur n'est d'ailleurs pas toujours homogène, ne permettrait pas de conclure.

Le débit écoulé, au droit d'une échelle de crue, est évidemment en relation simple avec l'ordonnée moyenne annuelle déduite des lectures journalières aux conditions suivantes :

La section du lit doit demeurer invariable, la pente du lit à l'aval, les endiguements, les déversoirs de crue, la date d'ouverture des périmètres submersibles n'auront pas subi de changements notables susceptibles de ralentir ou d'accélérer l'écoulement dans la section considérée.

Il ne semble guère possible d'acquérir des certitudes de ce genre en ce qui concerne les très anciennes séries d'observations du maximum de la crue au nilomètre de Roda.

En outre, la cote maxima dépend du décalage ou de la simultanéité des ondes de crue provenant des diverses branches formant le fleuve, en sorte que l'onde résultante peut être plus aiguë au cours d'une année où l'ordonnée moyenne en relation avec les précipitations sera cependant moindre.

La série d'observations précises contemporaines couvrant la période la plus prolongée a porté sur le Nil, et s'il est démontré, par ailleurs, que le Nil se gonfle suivant les mêmes influences que le Niger et le Mékong, c'est-à-dire qu'il peut servir de témoin à des phénomènes météorologiques relativement généralisés, on peut rechercher la périodicité de son ordonnée moyenne depuis une cinquantaine d'années, ce qui devrait permettre de déceler certains des cycles. Cette recherche a été faite par de savants météorologistes anglo-égyptiens [1].

Je ne crois pas d'ailleurs qu'on puisse arriver à établir une corrélation

(1) M. B. H. Wade, *in Willcocks and Craig-Egyptian Irrigation*, 3e édition, 1913, p. 862.

entre le cycle des taches du Soleil et les cycles secs et humides, à supposer qu'ils existent, pour le motif suivant :

Il a été constaté, sinon démontré scientifiquement sur de longs espaces de temps, que certaines localités présentent des climats complémentaires.

Par exemple les hivers secs dans le midi de l'Europe paraissent correspondre à des hivers pluvieux en Egypte.

Il paraît difficile d'admettre qu'un retour d'activité solaire (taches du Soleil) puisse expliquer à la fois soit l'apparition de la sécheresse, soit des précipitations intenses.

L'influence solaire ne pourra semble-t-il être mise en évidence qu'au jour lointain où la science pourra analyser l'ensemble des observations météorologiques, y compris celles à recueillir sur les océans.

J'exprime le vœu que les observations des échelles de crues des fleuves ne soient pas négligées dans la constitution de ces archives mondiales, étant donnée la possibilité d'en dégager les avant-coureurs de la connaissance plus approchée de ces phénomènes de distribution des pluies dont la portée économique est immense pour les vastes régions agricoles soumises aux lois des grands nombres, sinon pour les exploitations particulières dont les cultures tropicales dépendent des anomalies locales.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un séisme à épicentre méditerranéen.* Note de M. **J. Lacoste**, présentée par M. Ch. Maurain.

Le 1er mai 1932 une secousse séismique a été ressentie dans la région provençale et dans les départements du littoral méditerranéen. A Marseille en particulier, d'après la presse, la majorité de la population a ressenti la secousse, il en a été ainsi à Toulon, vers l'ouest à Banyuls-sur-Mer et dans plusieurs villages du Roussillon.

L'idée première, émise par différentes personnes, a été que ce séisme se rapportait à la même région que le tremblement du 11 juin 1909, fortement destructeur en Provence.

La rareté de phénomènes aussi intenses en France donne à ce tremblement une importance spéciale et il m'a paru utile d'en préciser l'origine.

Les données microséismiques des différentes stations françaises, suisses, espagnoles et italiennes conduisent à un épicentre tout différent. Ce foyer serait en pleine mer et défini par l'intersection de deux lignes, d'une part sur le prolongement de la chaîne des Pyrénées, en face du cap de Creus et,

d'autre part sur le prolongement de la vallée du Rhône, soit à 2°25′ Est de Paris et 42°45′ de latitude Nord. Les cartes hypsométriques signalent dans ces parages une rapide augmentation de la profondeur de la mer.

Ci-dessous figurent les principales phases dans différentes stations avec la distance épicentrale et l'heure origine qui s'en déduisent :

			Δ.	O.
Marseille	$\overline{P}$	2 42 24	95 km	–
	$\overline{S}$	2 42 36		
Barcelone	$\overline{P}$	2 43 11	220	2.42.44 (h m s)
Grenoble	$\overline{P}$	2 43 16	260	2.42.39
	$\overline{S}$	2 43 49		
Tortosa (Ebro)	$\overline{P}$	2 43 30	340	2.42.38
	$\overline{S}$	2 44 13		
Neufchâtel	P_n	2 43 48,5	545	2.42.39
	S_n	2 44 43		
Besançon	P_n	2 43 46	540	2.42.38
	S_n	2 43 42		
Zurich	P_n	2 43 18,6	590	2.42.42
	S_n	2 44 58,6		
Coire	P_n	2 44 01	585	2.42.44
	S_n	2 45 00		
Alger	$R_s\overline{P}$	2 44 21	600	2.42.40
	$\overline{S}$	2 45 21		
Strasbourg	P_n	2 44 11	730	2.42.40
	$R_s\overline{P}$	2 44 47		
	S_n	2 45 22		
	$R_s\overline{S}$	2 45 31		
	$R_s 2\overline{S}$	2 45 40		
Paris	P_n	2 44 17	750	2.42.40
Tolède	P_n	2 44 20	780	2.42.4.
	$R_s 2\overline{S}$	2 46 22		
Trieste	P_n	2 44 22	810	2.42.40
	$R_s\overline{S}$	2 46 27		

Les tables de Mohorovicic conduisent à situer le foyer entre 25 et 45^{km} de profondeur.

L'enquête macroséismique montre un ébranlement d'intensité V dans la région de Marseille et Toulon. Ce mouvement atteint, en se dégradant, la région provençale jusqu'à Nice. Au Nord il est légèrement ressenti dans le Vaucluse, mais paraît nul dans les sédiments de la Camargue et dans la basse vallée du Rhône. A l'Ouest on note une intensité IV à Banyuls-sur-Mer, à Cazouls-les-Béziers. Il s'accentue de nouveau au pied des Cévennes, vers Sumène, Saint-Jean-du-Gard, Genolhac dans le Gard.

Une étude macroséismique plus complète paraîtra ultérieurement.

RADIO-ÉLECTRICITÉ. — *L'éclipse de Soleil du* 31 *août* 1932 *et le sondage par les parasites atmosphériques*. Note (¹) de M. **Jean Lugeon**, présentée par M. Ch. Maurain.

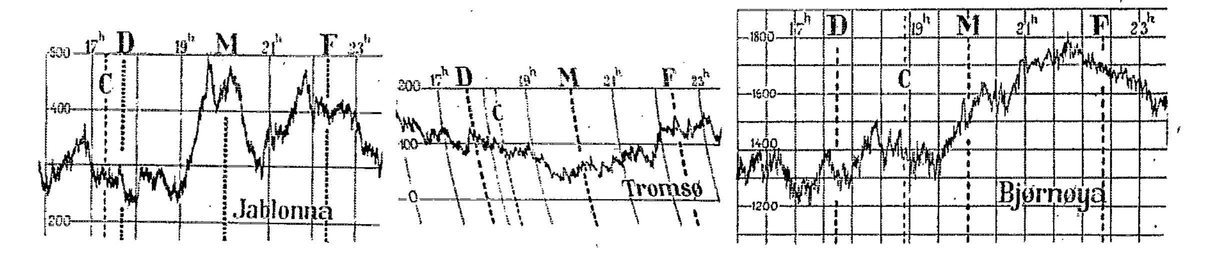
Pour l'Année Polaire, j'ai installé des enregistreurs de parasites atmosphériques accordés sur $\lambda = 11000^{\text{m}}$ à Jablonna près de Varsovie, à Tromsoe et à Bjornoya (île des Ours $\varphi = 74^\circ 29'$, $\lambda = 19^\circ 14'$).

Avant d'interpréter les résultats du 31 août, je rappelle les propriétés essentielles de la propagation des parasites. Leur nombre par minute, soit aussi leur intensité moyenne, est plus grand de nuit que de jour car la propagation est meilleure dans l'obscurité. Au crépuscule, l'intensité augmente progressivement jusqu'à un maximum, qui correspond au moment où les rayons rasants du Soleil s'élèvent au-dessus des couches réfractant les ondes hertziennes, ci-devant couche de Kennelly-Heaviside (K — H) ou régions E et F de l'*ionosphère*. Le phénomène est inverse à l'aurore où la courbe d'intensité tombe rapidement, dès que les couches en question commencent a s'éclairer. C'est là une conséquence de l'action photo-électrique du rayonnement ultraviolet du Soleil, sur l'ionisation aux hautes altitudes, qui se répercute sur la propagation. Ces propriétés s'appliquent aussi bien au passage des anneaux crépusculaires sur le foyer d'émission que sur le récepteur des parasites. En partant de ces notions j'avais établi, en 1929, la méthode de repérage en longitude et en latitude des grands centres de perturbations atmosphériques solidaires de foyers de parasites (*Comptes rendus*, 188, p. 1690). Par déduction, les mêmes phénomènes doivent se retrouver aux éclipses de Soleil, quelle que soit la position géographique du récepteur, même s'il est situé en dehors de l'éclipse totale

(¹) Séance du 2 novembre 1932.

ou partielle, pourvu que la portée des ondes qu'il reçoit soit suffisante et que la couche de K — H soit dans l'obscurité à son zénith.

Considérons le diagramme de Jablonna. Après le coucher, à 17^h21^m, et



D = début de l'éclipse de Soleil à 17^h44^m T. M. G.
M = milieu de l'éclipse de Soleil à 20^h3^m T. M. G.
F = fin de l'éclipse de Soleil à 22^h22^m T. M. G.
C = coucher du centre du Soleil : Jablonna 17^h21, Tromsoe 18^h20, Bjornoya 18^h55 T. M. G.
Ordonnées : nombre de parasites par minute.

jusqu'à 19^h, il ne présente aucune anomalie. A ce moment-là, les rayons rasants sont déjà à 188^{km} au zénith et les conditions locales de réception des parasites à longue portée sont requises. La courbe monte alors avec rapidité vers un maximum double qui encadre presque symétriquement le maximum de l'éclipse à 20^h3^m. Trois quarts d'heure après, elle retombe à son point de départ. Tout porte à croire que ce maximum de parasites nocturnes est l'image même de la phase totale, à 6000^{km} de distance. Car, d'après les cartes synoptiques américaines, la partie méridionale de la zone de totalité s'est précisément étendue sur d'intenses foyers de parasites, révélés au sol par des orages et réalisant ainsi toutes les conditions théoriques pour la propagation momentanée de parasites nocturnes à grande distance. Par ailleurs, le trajet Amérique-Europe favorisait encore cette propagation, puisqu'il était en partie couvert par l'ombre partielle de l'éclipse et même dans l'obscurité du méridien de Greenwich à celui de Jablonna, où le Soleil se couchait dans les couches allant de 117^{km} à 435^{km} d'altitude.

D'après ces considérations l'influence de l'éclipse ne devait pas se faire sentir dans les régions où l'ionosphère était éclairée. En effet, les diagrammes du bassin polaire ne marquent que des parasites locaux diurnes à faible portée, dus au hasard des conjonctures météorologiques. Car pas plus à Tromsoe qu'à Bjornoya, les conditions astronomiques n'étaient requises pour la réception des parasites lointains. Pendant toute la durée

de l'éclipse les couches intéressées (K — H et autres) étaient en pleine lumière; à la totalité les rayons rasants du Soleil tangentaient à $57^{km},7$ au zénith de Tromsoe et à $14^{km},5$ au zénith de Bjornoya.

En outre, le chemin que devaient franchir les parasites du foyer américain était en majeure partie bien éclairé, défavorable ainsi à la propagation. Ces derniers phénomènes semblent donc être, par la négative, une confirmation de la méthode de sondage basée sur l'action photo-électrique de la radiation solaire sur l'ionisation des hautes couches atmosphériques.

Quant à l'éclipse dite corpusculaire qui devait changer l'ionisation, et par conséquent la propagation, deux heures avant l'éclipse des astronomes, selon l'ingénieuse idée de Chapman, je n'en ai pas trouvé trace sur les trois diagrammes.

BOTANIQUE. — *Sur les mouvements des fleurs de l'*Ipomœa purpurea. Note de M. **St. Jonesco**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

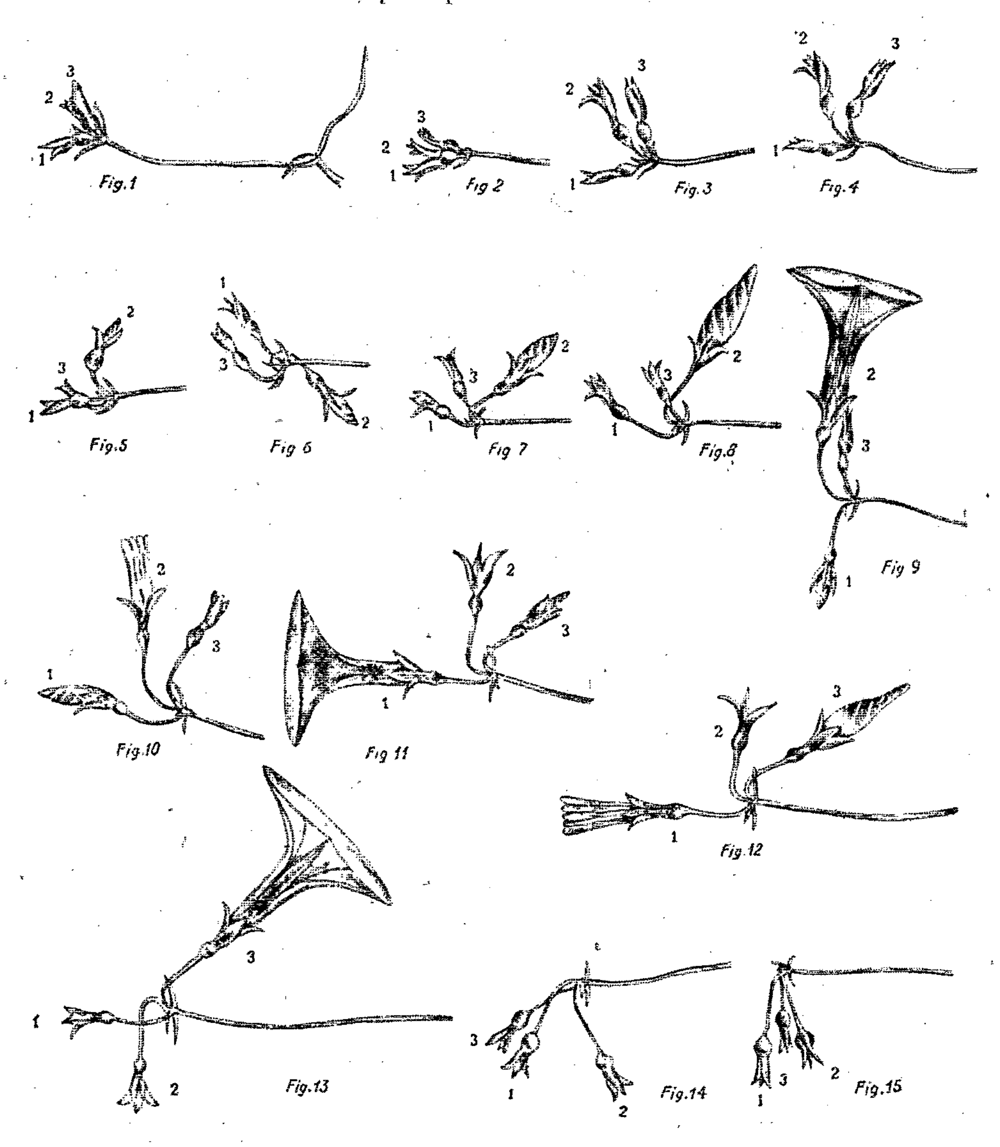
Dutrochet le premier et Hansgirg ensuite ont signalé chez les fleurs de l'*Ipomœa purpurea* (Lam.) syn. *Pharbitis hispida* (Chois.) syn. *Convolvulus purpureus* (Linn.) deux directions opposées prises par ces organes, en les faisant entrer dans le phénomène général du géotropisme : une première position, où la fleur est orientée vers le ciel, présentant un géotropisme négatif et une deuxième lorsque les fruits formés sont dirigés vers le sol, ayant un géotropisme positif.

En étudiant attentivement ces fleurs on constate que ce phénomène est beaucoup plus compliqué. En effet, dès leur apparition en bouton jusqu'à la formation du fruit, elles montrent des mouvements continuels, en prenant dans l'espace des directions extrêmement variées.

Pour suivre ces mouvements nous considérons un axe florifère à trois fleurs que nous numérotons 1, 2, 3; elles sont à peine écloses du bourgeon commun et leurs pédoncules ont une longueur de 1^{mm} à 3^{mm}. Il nous est impossible de décrire ici en détail les mouvements qu'effectuent ces fleurs; les figures que nous reproduisons ci-après nous donneront une idée assez exacte de la marche de ce phénomène.

Tout d'abord les trois fleurs en bouton sont situées dans un plan vertical : la première en bas, la deuxième au milieu et la troisième au-dessus (*fig.* 1). Après un jour seulement les fleurs changent complètement de position en se plaçant toutes dans un plan horizontal (*fig.* 2). Pour abréger l'exposé,

étudions la fleur 2, les autres se comportent de la même façon. Cette fleur, qui s'épanouit la première, se lève dans un plan vertical (*fig.* 3 et 4) au-dessus de l'axe florifère, puis par une forte courbure à la base de son



pédoncule se ploie, en se dirigeant vers le Nord-Ouest et se place au-dessous de l'horizontale faisant avec elle un angle de 12°. Sa corolle formée la veille a atteint une longueur de 2^{cm} (*fig.* 6). De cette position, elle passe en

11 heures, c'est-à-dire de 10h à 21h, à la position figurée en 7, puis en se relevant encore au-dessus de l'horizontale (*fig.* 8) prend une position caractéristique (*fig.* 9). Son pédoncule présente une large courbure dont la concavité est dirigée vers l'Ouest, et la fleur complètement épanouie et faiblement inclinée dans un plan Ouest-Est se trouve au-dessus de l'horizontale de 20°, avec laquelle elle forme un angle presque droit.

Enfin la corolle se ferme et tombe, mais le pédoncule floral continue son mouvement en se penchant doucement vers l'Ouest (*fig.* 10, 11 et 12) d'où il tombe rapidement en bas et prend une position presque perpendiculaire sur l'extrémité de l'axe florifère (*fig.* 13). Ensuite ce pédoncule effectue une surcourbure (*fig.* 14) pour prendre la position définitive figurée en 15.

On voit en examinant les figures que les autres fleurs exécutent les mêmes mouvements que la fleur 2 en se dirigeant de diverses manières dans l'espace pour prendre enfin par leurs pédoncules, lorsque les fruits commencent à se former, la même position définitive que la fleur 2. C'est à ce stade que les mouvements cessent complètement.

A la suite de cet exposé, il ressort que les fleurs de cette espèce effectuent des mouvements ininterrompus dès leur apparition en bouton jusqu'à la formation du fruit; l'orientation de la fleur épanouie vers le ciel présentant un géotropisme négatif n'est, en réalité, qu'une position passagère de ces mouvements compliqués.

CRYPTOGAMIE. — *Alternance de phases et sexualité dans un cycle conidien, chez* Pholiota aurivella. Note [1] de M. **P. Martens**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

En collaboration avec R. Vandendries [2] nous avons montré que les conidies binucléées de *Pholiota aurivella* Batsch, formées par le mycélium diploïde, se cloisonnaient régulièrement en deux cellules uninucléées, provoquant ainsi un retour à l'haploïdie. Le cloisonnement peut être suivi de fragmentation et chaque demi-conidie évolue en une thalle primaire, capable de se conjuguer. La suite de nos recherches a permis d'établir, pour cette forme sporale. un cycle complet et nous indiquerons, dans cette Note, les caractères de celui-ci.

---

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) *Bull. Acad. R. Belgique*, *Cl. Sc.*, **18**, 1932, p. 468.

Cette évolution comporte une alternance régulière entre une haplophase et une diplophase (ou dicaryophase); la première est représentée par les demi-conidies uninucléées et les haplontes qui en proviennent, la seconde par les hyphes binucléés, les conidiophores et les conidies jeunes. Pour pouvoir se superposer au cycle sexué normal, il manque au cycle conidien : 1° la caryogamie; 2° les cynèses de réduction. Différence capitale à première vue, mais qui vaut d'être analysée de plus près.

Les réactions sexuelles, manifestées entre eux par les haplontes et exprimées, par exemple, par des tableaux de croisement, ne permettent pas de décrire ce cycle comme dépourvu de sexualité. Les conjugaisons entre mycéliums impliquent, comme dans le cycle sporal, une plasmogamie entre cellules de polarité sexuelle opposée, une migration nucléaire, et l'association étroite et durable de deux noyaux en un premier dicaryon. Phénomènes de sexualité évidents, ce qui n'empêche pas de considérer la caryogamie basidiale des deux descendants de ce dicaryon comme le phénomène terminal et essentiel de la fécondation.

Caryogamie et cinèses de réduction sont, d'autre part, deux phénomènes compensateurs, liés de près ou de loin et critères l'un de l'autre. Or, dans notre cycle conidien, ces deux phénomènes sont absents, mais les choses se passent au total comme s'ils étaient présents. Si l'on accorde au dicaryon, fût-ce jusqu'à un certain point, la valeur d'un noyau diploïde, le double phénomène subi par la conidie adulte (cloisonnement et fragmentation) aboutit bien *à la réduction du nombre de chromosomes* puisqu'il forme deux cellules reproductrices haploïdes, unisexuées, aux dépens d'une cellule diploïde, bisexuée. Il réalise, en un certain sens, une *réduction sans caryocinèse*, réduction prématurée, puisque précédant l'authentique fusion nucléaire, réduction sommaire et imparfaite puisque ne permettant aucun échange chromosomique.

Cette correspondance tend à appuyer la thèse de Brefeld, récemment reprise par Lohwag (1925) et homologuant les diploconidies à des basides formées prématurément. Mais elle doit être poussée plus loin, car un phénomène presque identique se réalise chez une Urédinale, l'*Endophyllum Euphorbiæ sylvaticæ*, et cette fois dans la cellule homologue de la baside comme l'ont montré deux élèves de Dangeard (Sappin-Trouffy, 1898; Moreau, 1918-1919). Les deux noyaux du dicaryon, au lieu de subir, dans l'æcidiospore la fusion dangeardienne, entrent dans le promycélium et fournissent, par cinèse normale, les quatre noyaux sporidiaux. Une haplophase alterne donc, ici également, avec une diplo- ou dicaryophase, et le

retour à l'haploïde s'effectue sans caryogamie ni cinèses réductionnelles.

Il est extrêmement curieux de voir le cycle *complet et normal* de cette espèce tel qu'il est schématisé par Moreau (1919, *fig.* 9), se superposer *exactement* au cycle purement *accessoire* d'une demi-conidie de *Pholiota aurivella*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de saccharose dans les rameaux et dans les feuilles de l'*Evonymus europæus L. Note [1] de M. F. **Obaton**, présentée par M. Molliard.

Au cours de recherches entreprises dans le but de doser le dulcitol contenu dans les feuilles de l'*Evonymus europæus*, notre attention a été attirée sur une substance facilement hydrolysable par l'acide chlorhydrique et la sucrase, présentant le pouvoir rotatoire du saccharose et que nous nous croyons autorisé à assimiler à ce corps. La présence de sucre dans le fusain n'a pas été signalée, à notre connaissance du moins. D'autre part, il est intéressant de rapprocher le cas du Fusain, contenant à la fois un alcool polyatomique et du saccharose, de celui du Céleri, que nous avons étudié antérieurement [2] et dans les tissus duquel nous avons montré qu'il existait en même temps du sucre de canne et du mannitol.

En mars 1932 nous avons prélevé des rameaux de fusain présentant des bourgeons qui n'avaient pas encore commencé leur évolution. Au début d'octobre nous avons fait d'autres fixations qui ont porté sur des feuilles et sur les rameaux correspondants. Les deux sortes d'organes ont été analysés séparément. Immédiatement après chaque récolte le matériel a été fixé par l'alcool bouillant à 80°, sous réfrigérant. Les dosages de sucre réducteur ont été faits par la méthode de Bertrand. L'hydrolyse du corps à étudier a été effectuée par $0^{cm^3},5$ d'HCl pour 50^{cm^3} de jus convenablement dilué et maintenu pendant 10 minutes au bain-marie bouillant. D'autre part, une hydrolyse de contrôle a été effectuée par la sucrase. Le pouvoir rotatoire a été pris avant et après chaque hydrolyse.

Analyse du 15 mars. — État physiologique : les rameaux portent des bourgeons qui semblent à l'état de repos. L'évolution des bourgeons

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) *Rev. gén. de Bot.*, 41, 1929, p. 282.

témoins ne débutera que vers le 25 mars. Résultats rapportés à 100 de rameaux frais :

Réducteur initial	0,411
Réducteur total après action de la sucrase	1,247
Réducteur total après action de HCl	1,280
Réducteur apparu, d'après la moyenne des deux mesures précédentes	0,852

Si l'on suppose que le corps hydrolysé est du saccharose, ces 0,852 de réducteur proviennent de 0,809 de ce corps. Or en prenant le pouvoir rotatoire du saccharose comme base de calcul on trouve que la différence entre les déviations obtenues avant et après hydrolyse correspondent à 0,828. L'écart de 2 pour 100 qui existe entre la méthode polarimétrique et le dosage par la liqueur de Fehling est absolument négligeable.

Analyse du 6 octobre. — Résultats rapportés à 100 d'organes frais :

	Rameaux.	Feuilles.
Réducteur initial	0,437	0,747
Réducteur total après action de la sucrase	1,04	2,060
Réducteur total après action de HCl	1,01	2,148
Réducteur apparu, d'après la moyenne des deux mesures précédentes	0,588	1,357
Ce qui correspond en saccharose à	0,558	1,289
Teneur en saccharose d'après le polarimètre	0,533	1,301

La comparaison des résultats fournis par la liqueur de Fehling et par le polarimètre permet de penser que le corps étudié est bien du saccharose. Les différences de 5 et 1 pour 100 correspondant au tableau ci-dessus sont de l'ordre de grandeur des erreurs dues aux méthodes elles-mêmes.

On peut, des recherches que nous venons d'exposer, retenir un certain nombre de faits. D'abord on constate que le saccharose est abondant dans les rameaux du fusain pendant la période hivernale. Cette accumulation de sucre est certainement due à la présence de la chlorophylle dans les tiges qui sont ainsi susceptibles, en l'absence des feuilles, d'assimiler le carbone de l'air. On voit ensuite que les feuilles contiennent une quantité de saccharose qui n'est pas négligeable : 1,3 pour 100 du poids frais. A côté de ce sucre existe un alcool polyatomique : le dulcitol. Nous avons mis en évidence dans le céleri la présence concomitante du sucre de canne et d'un polyol : le mannitol. Il semble donc bien que d'une façon générale saccharose et polyols soient élaborés en même temps par les feuilles. Or nous

avons démontré expérimentalement, en nous servant des feuilles du céleri, que le mannitol est un produit de l'assimilation chlorophyllienne. Il paraît très probable qu'il en est de même pour le dulcitol.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De l'existence d'un nouveau principe actif dans* Bryonia dioica. Note de M. **Jean Chaze** présentée par M. Molliard.

Les auteurs qui se sont occupés de cette plante au point de vue microchimique, Bræmer en particulier, ont signalé la présence dans certains éléments cellulaires spéciaux idioblastes d'un glucoside utilisé au point de vue officinal : la bryonine.

Nos recherches tendent à prouver qu'il existe dans les épidermes et parfois dans les cellules sous-jacentes des régions externes de *Bryonia dioica*, un produit inclus dans les vacuoles, et qui présente certaines réactions chimiques des alcaloïdes, et d'autres spéciales, mais qui, dans aucun cas, ne sont celles des glucosides de la bryone. La teneur du produit à l'intérieur des éléments cellulaires paraît être en relation avec l'intensité des rayons solaires.

a. Détection microchimique. — Le principe actif mis en évidence donne des réactions positives caractéristiques des alcaloïdes avec les réactifs suivants : Réactifs de Vrij, de Dragendorf, de Buckingan, de Palm, de Herder (précipités virant au rouge après addition d'I^3K); solutions d'acide silico-tungstique, de permanganate de potassium décinormal, d'acide picrique (précipités amorphes virant au brun Kermès si l'on ajoute quelques gouttes d'I^3K).

Les colorations obtenues avec les réactifs suivants sont différentes de celles que l'on peut mettre en évidence avec la généralité des alcaloïdes : le réactif de Bouchardat donne de fins précipités de couleur violet rougeâtre, plus ou moins prononcé, ou violet très foncé, et formant un très fin réticule. La solution de chlorure d'or accuse des précipités assez volumineux de couleur noirâtre.

Les examens donnent des résultats négatifs avec les réactifs suivants, qui sont d'une sensibilité peu marquée ou nulle avec les alcaloïdes : réactifs de Orlow-Horst, de Mandelin, de Fröhde, de Lindo; les solutions de ferricyanure de potassium et de bichromate de potassium.

Il y a lieu de noter d'une façon particulière que les réactions de Mandelin,

de Fröhde, la solution glycérique d'azotate d'argent, et le mélange d'éther et d'acide sulfurique, préconisés par Bræmer pour la mise en évidence des glucosides à l'intérieur des idioblastes, et employés suivant les techniques indiquées par cet auteur, n'ont donné aucun résultat positif avec le principe que nous signalons pour la première fois.

Les essais de solubilité du principe actif permettent d'établir qu'il se dissout dans l'alcool tartrique d'Errera comme le font les alcaloïdes et la bryonine, mais qu'il est soluble dans l'éther sulfurique dans lequel les glucosides de la bryone sont insolubles.

b. Localisation dans la plante adulte. — *Racine*. — Réactions négatives dans toutes les parties de cet organe.

Tige, pétiole, vrilles. — Ces trois parties de la plante présentent une réaction bien marquée dans l'épiderme, et parfois dans une, deux ou trois assises sous-jacentes; les vrilles ont toujours une coloration plus accentuée que les tiges et les pétioles.

Feuilles. — Toutes les cellules épidermiques sont teintées par les réactifs déjà cités surtout par celui de Bouchardat, mais l'intensité de la réaction est variable suivant la région examinée d'un même fragment d'épiderme; c'est ainsi que les cellules épidermiques situées au-dessus des nervures sont plus riches que les cellules banales, et parmi celles-ci ce sont les éléments entourant la base des poils qui ont une réaction plus accentuée. En coupe transversale on peut constater que les cellules sous-jacentes de la nervure sont riches en principe actif, mais avec un plus grand nombre d'éléments sous l'épiderme supérieur que sous l'épiderme inférieur. La même différence est nettement visible entre les cellules de l'épiderme supérieur insolé par rapport à l'épiderme inférieur qui l'est moins.

Poils. — Les poils, qu'ils soient tecteurs ou glandulaires, présentent une réaction positive, dans ces organes les cellules basales sont toujours plus colorées que les cellules terminales qui parfois même sont démunies de tout principe actif.

Organes floraux. — Le pédoncule floral se comporte comme la tige et le pétiole, le calice et la corolle comme les épidermes de la feuille. L'androcée et le gynécée ne présentent aucune réaction.

Il y a lieu de souligner que dans toute la plante les cellules internes ne donnent aucune réaction microchimique, tandis qu'au contraire la bryonine a surtout été localisée dans les éléments profonds généralement voisins des tubes criblés.

c. LOCALISATION INTRA-CELLULAIRE. — Pour localiser le principe à l'intérieur de la cellule, nous avons eu recours aux méthodes de coloration vitale préconisées par Guilliermond et à la coloration additionnelle avec le réactif de Bouchardat, telles que nous les avons employées pour les localisations intra-cellulaires des alcaloïdes du tabac ([1]).

Les résultats de nos examens nous permettent d'affirmer que le principe est localisé exclusivement dans les vacuoles; il apparaît dans les jeunes vacuoles filamenteuses du bourgeon, et ensuite il continue à se former lors des différentes phases de l'évolution des vacuoles.

PHYSIOLOGIE. — *Les vitamines* B *interviennent-elles dans l'utilisation des lipides?* Note de M. **RAOUL LECOQ**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il existe pour le Pigeon, comme d'ailleurs pour les Mammifères, un rapport étroit entre le besoin en vitamines B de l'organisme et les glucides présents dans la ration. Les meilleures preuves en ont été fournies grâce à l'emploi du régime que Mme L. Randoin et M. H. Simonnet ont établi et dont nous rappelons ci-après la formule ([2]) :

Protéides purifiés	16
Graisse de beurre	4
Glucides à étudier (saccharose par exemple)	66
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4
Agar-agar	8
Papier filtre	2

Complété par une bonne source de vitamines B (5 pour 100 de levure de bière sèche notamment), ce régime se montre, à la dose de 20^g par jour, capable d'assurer de façon satisfaisante et pendant un long temps, l'équilibre nutritif du pigeon. En l'absence de vitamines B, les crises de polynévrites et la mort surviennent, dans le cas du saccharose, entre le 16e et le 25e jour ([3]).

Dans ce régime, la simple substitution de protéides (peptone de viande) aux glucides (saccharose), effectuée poids pour poids (ces substances ayant

([1]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, 14, 1932, p. 1.
([2]) Mme L. RANDOIN et H. SIMONNET, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 903.
([3]) Mme L. RANDOIN et R. LECOQ, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1347.

sensiblement même valeur énergétique), n'empêche pas l'apparition des crises de polynévrite; la mort survient alors chez les sujets en expérience entre le 20e et le 35e jour. L'adjonction de levure de bière faite en temps utile et en quantité satisfaisante suffit pour prévenir ou guérir ces crises, assurant par conséquent au même titre que l'utilisation des glucides, celle des protéides [1].

Dans ces conditions, on était en droit de se demander si les matières grasses ou lipides faisaient exception et si leur haute valeur calorigène en était la cause. Afin de pouvoir répondre à cette question, nous avons réalisé un régime basé sur le même principe que les précédents, mais dans lequel les glucides cédaient la place aux lipides, à égalité de valeur énergétique. Les coefficients d'Atwater étant connus (1^g G $= 3^{cal},88$ et 1^g L $= 8^{cal},45$), il est facile de calculer que 66 parties de glucides doivent être remplacées par 30 parties de lipides. En prenant comme source de protéides la poudre de muscle ou la peptone de viande, comme source de lipides l'huile d'olive, en adjoignant aux aliments encombrants usuels la paraffine, et en ramenant le tout à 100, on arrive au régime suivant :

Régime L.

Muscle ou peptone	25
Graisse de beurre	6
Huile d'olive	48
Mélange salin d'Osborne et Mendel	6
Agar-agar	10
Papier filtre	2
Paraffine	3

dont 15^g fournissent largement l'apport énergétique quotidien nécessaire au pigeon adulte.

Six lots de pigeons furent mis en expérience.

Les animaux des lots I (régime L, avec muscle) et II (régime L, avec peptone) présentèrent des crises typiques de polynévrite et moururent entre le 25e et le 40e jour (lot I) ou entre le 20e et le 35e jour (lot II). Les pigeons des lots III et IV, V et VI reçurent respectivement les mêmes régimes (au muscle et à la peptone) et furent traités les uns *préventivement* et les autres *curativement* par la levure de bière sèche, à la dose quotidienne de $0^g,75$. Les pigeons présentèrent, dans le premier cas, un parfait état

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1267.

d'équilibre et de santé se prolongeant au delà de trois mois; dans le second, les crises cessèrent et les animaux guérirent rapidement.

Conclusions. — 1° Contrairement à ce que des travaux anciens pouvaient laisser croire, de larges proportions de lipides dans une ration, pas plus que l'absence de glucides, ne suffisent à empêcher, même pendant un long temps, l'apparition de crises polynévritiques typiques chez les pigeons privés de vitamines B.

2° Les accidents polynévritiques observés en présence de fortes proportions de lipides peuvent être évités par adjonction quotidienne préventive d'une source satisfaisante de vitamines B en quantité appropriée. Cette addition exerce également son action protectrice à titre curatif, les manifestations nerveuses cessant alors rapidement (en un ou deux jours).

3° L'assimilation des lipides par l'organisme, de même que celle des protéides et des glucides, nécessite donc la présence dans la ration de quantités suffisantes de vitamines B.

4° La rapidité d'absorption intestinale étant supposée très comparable pour la saccharose, la peptone et l'huile d'olive, le besoin de vitamines B apparaît plus impérieux dans le cas des glucides et sensiblement égal dans le cas des protéides et des lipides.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de la température ambiante sur l'effet des substances dites pyrétiques.* Note [1] de MM. **J. Giaja** et **Ilija Dimitrijević**, présentée par M. L. Lapicque.

Les substances dites pyrétiques, introduites dans l'organisme homéotherme provoquent une élévation plus ou moins considérable de sa température. Ces substances dérèglent donc la fonction de thermorégulation. D'autre part, on sait que la température ambiante a une influence très importante sur la thermogenèse de l'homéotherme, étant un des éléments de sa thermorégulation. Aussi est-on amené à se demander si la température du milieu a une influence sur l'action de ces substances qui dérèglent la fonction de thermorégulation. Selon que l'on fera agir ces substances à une température plus ou moins élevée du milieu, on intervient dans des états très différents du mécanisme de la thermorégulation. Ainsi lorsque le

(1) Séance du 2 novembre 1932.

sujet d'expérience se trouve à une température ambiante voisine de sa neutralité thermique, sa production de chaleur est représentée, au repos, presque exclusivement par son métabolisme de base. Par contre, lorsqu'il se trouve à des températures moins élevées, sa thermogenèse peut être constituée en majeure partie par de la chaleur réglable de sa marge de thermogenèse (thermorégulation chimique).

Les expériences suivantes montrent toute l'importance de ce que nous venons d'avancer, puisque, selon la température ambiante à laquelle on fait agir les substances dites pyrétiques, celles-ci se comportent comme hyperthermisantes ou hypothermisantes. Nos expériences ont été faites sur le Rat.

1. *La tétrahydro-β-naphthylamine.* — Cette substance est considérée comme étant pyrétique par excellence. Or son effet sur la température du rat dépend de la température ambiante à laquelle se trouve l'animal durant l'expérience :

On injecte sous la peau, à un Rat de 179^g, $0^{cm^3},6$ d'une solution de tétrahydronaphthylamine à 1 pour 100, puis on place l'animal à la température de 22-23°. Remarquons que la température de neutralité thermique de cet animal est au-dessus de 30°. Sa température, prise dans le rectum, a varié comme il suit :

Avant l'injection	38°,6
20 minutes après	40°,0

L'animal est ensuite placé à la température ambiante de 16-19°. Sa température varie à partir de ce moment comme il suit :

Au début	39°,5
30 minutes après	35,7
70 minutes après	34,0

La tétrahydronaphthylamine a agi, par conséquent comme hyperthermisant à la température ambiante de 22-23°, et comme hypothermisant à la température ambiante de 16-19°. D'autres expériences montrent que l'on obtient la même chose en faisant agir cette substance premièrement à la température moins élevée et ensuite à la température plus élevée. Les Rats témoins gardent leur température constante dans les mêmes conditions de milieu.

2. *Le dinitrophénol* 1.2.4. — On injecte à un Rat pesant 200^g, $7^{mg},5$ de cette substance dissoute dans 2^{cm^3} d'eau. Cet animal est placé à la température ambiante

de 4-5°, avec un Rat témoin. Un autre Rat de 205g reçoit la même injection que le premier et est placé, avec un Rat témoin, à la température de 32°. Les variations de leurs températures, prises dans le rectum, sont données par le tableau suivant :

	Rat à 4-5°.	Témoin.	Rat à 32°.	Témoin.
Au moment de l'injection	37°,8	37°,2	37°,0	38°,0
Après 1 heure	37,3	36,7	39,8	38,0
» 2 heures	34,0	37,0	39,0	37,0
» 3 »	33,6	-	38,0	-
» 4 »	34,0	-	39,1	-
» 5 »	34,0	-	38,8	-
» 6 »	34,8	-	38,5	-
» 7 »	36,1	-	38,0	-

3. *L'adrénaline.* — A un Rat de 170g on injecte sous la peau 0mg,35 d'adrénaline, puis on le place dans un milieu ambiant de 30°. Un autre Rat du même poids reçoit la même dose d'adrénaline, puis il est placé à la température de 19°. La température de ces deux Rats, prise dans le rectum, a varié comme il suit :

	Rat à 30°.	Rat à 19°.
Au moment de l'injection	38°,0	37°,1
90 minutes après	39,0	-
140 minutes après	40,5	34,1

Comme on le voit, la tétrahydro-β-naphthylamine, le dinitrophénol et l'adrénaline agissent tantôt comme pyrétiques, tantôt comme hypothermisants, suivant la température ambiante. Il est possible que les résultats contradictoires obtenus par différents auteurs à ce sujet avec l'adrénaline et la tétrahydronaphthylamine, tiennent à cette influence. Il nous est arrivé d'avoir des résultats contraires d'un jour à l'autre, suivant que le laboratoire était plus ou moins chauffé. Les substances pyrétiques agissent probablement comme X. Chahovitch et l'un de nous [1] l'avons montré pour l'adrénaline, en élevant fortement le métabolisme de base, le faisant presque coïncider avec le métabolisme de sommet, de sorte que la marge de l'accommodation de la thermogenèse est très réduite ou complètement supprimée. La thermogenèse n'étant plus capable de s'accommoder à la température ambiante, elle sera, suivant le niveau de celle-ci, insuffisante ou trop forte pour le maintien de la température normale du Rat, ou même justement

---

(1) J. Giaja et X. Chahovitch, *C. R. Soc. de Biol.*, 93, 1925, p. 1330.

suffisante, ainsi qu'il nous est arrivé parfois de le réaliser. Dans ce dernier cas, une substance agissant comme pyrétique, ou comme hypothermisant dans d'autres circonstances, n'agira pas sur la température du rat.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *La courbe de dissociation de l'oxyhémérythrine dans le liquide cœlomique du Siponcle.* Note [1] de M. **Marcel Florkin**, présentée par M. L. Lapicque.

Le Siponcle, *Sipunculus nudus* L., est constitué pour environ 50 pour 100 de son volume d'une cavité cœlomique remplie d'un liquide tenant en suspension des cellules de diverses espèces et dans lequel baignent le tube digestif et les différents organes. Comme l'a déjà vu Krükenberg, le liquide cœlomique du Siponcle est rouge à l'état oxygéné et jaunâtre à l'état réduit. Cette différence de coloration est due à la présence dans une catégorie spéciale de cellules, les hématies, d'une protéine, l'hémérythrine. L'hémérythrine contient du fer (Andrews, Cuénot) et l'on croit généralement qu'elle ne contient pas de noyau porphyrinique, bien qu'on n'ait pas encore à ce sujet de preuves définitives.

Au laboratoire maritime de Concarneau, j'ai déterminé la courbe de dissociation de l'oxyhémérythrine par la méthode gazométrique : mise en équilibre dans des tonomètres de Bancroft avec des mélanges gazeux dans lesquels les pressions partielles de l'oxygène et du gaz carbonique étaient déterminées au moyen de l'appareil de Haldane, et détermination de la teneur en oxygène du liquide cœlomique ainsi traité, au moyen de l'appareil manométrique à volume constant de Van Slyke. J'ai employé comme libérateur d'oxygène une solution aqueuse contenant par litre 3^g de ferricyanure de potassium et 3^g d'alcool octylique. On obtient ainsi un rendement plus élevé qu'avec d'autres réactifs et les déterminations successives sur la même solution ne diffèrent pas de plus de $0^{vol},1$ pour 100 quand on prend des échantillons de 2^{cm^3} et de $0^{vol},05$ pour 100 avec des échantillons de 5^{cm^3}.

Quelle que soit la pression partielle du gaz carbonique, entre $0^{mm},07$ et 80^{mm}, on obtient la même courbe de dissociation, qui correspond par conséquent aux conditions physiologiques. On en trouvera les éléments dans le tableau suivant, en regard des données sur la dissociation de l'oxyhémoglobine humaine dans les conditions physiologiques :

---

[1] Séance du 2 novembre 1932.

Pour 100 HrO^2 ou HbO^2. Pourcentage de pigment oxygéné par rapport à la quantité totale de pigment.	Pression partielle de l'oxygène en mm de mercure. *Sipunculus nudus.* Temp. : 19° ; pour CO^2 = 0,07—80mm.	Homme. Temp. : 37° ; pour CO^2 = 40mm.
10	6	11
20	8	17
30	8	21
40	8	25
50	8	30
60	8	35
70	10	42
80	15	51
90	30	67

On voit que, pour une pression partielle d'oxygène égale à 15mm de mercure, la proportion d'hémérythrine oxygénée est de 80 pour 100. A la même pression, 15 pour 100 seulement de l'hémoglobine humaine sont à l'état d'oxyhémoglobine.

Les caractères de cette courbe de dissociation sont évidemment favorables à un animal fouisseur et exposé à des périodes de privation relative d'oxygène, comme le Siponcle. Une particularité remarquable est l'absence d'influence des variations de la pression partielle du gaz carbonique sur la position de la courbe de dissociation (effet Bohr). Comme on le sait, l'effet Bohr existe chez tous les animaux dont les échanges respiratoires se font lors du passage du sang circulant au niveau d'une membrane respiratoire. Comme Redfield et moi-même [1] l'avons montré, il manque chez *Urechis caupo*, Ver échiurien dépourvu de circulation et possédant comme le Siponcle une cavité cœlomique remplie d'un liquide chargé d'hématies, mais dans lesquelles la protéine respiratoire est l'hémoglobine. L'effet Bohr étant dû à une influence réciproque du degré d'acidité et du degré d'oxygénation de la molécule de protéine respiratoire, son absence chez deux animaux construits sur le même plan au point de vue du transport de l'oxygène mais à pigments différents, constitue un remarquable exemple de convergence à l'échelle moléculaire.

---

(1) *The respiratory function of the blood Urechis caupo* (*Biol. Bull.*, 61, 1931, p. 185).

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Spécificité de la réaction allergique comme procédé de diagnostic de la mélitococcie ovine.* Note [1] de M. **Charles Dubois**, présentée par M. E. Leclainche.

J'ai montré, en collaboration avec M. Sollier [2], que l'injection dans le derme de l'un des plis sous-caudaux d'une émulsion de *Br. abortus* tués provoquait une réaction allergique de caractère spécifique chez les ovins et caprins infectés par *Brucella melitensis* ou porteurs de ces germes.

L'objet de la présente Communication est de donner des précisions complémentaires sur les caractères de cette réaction, de justifier l'emploi de l'antigéne précité et, surtout, d'apporter des preuves nouvelles de sa spécificité.

I. *Résultats comparatifs de la réaction allergique provoquée par l'injection, soit de* Br. abortus, *soit de mélitine, chez les ovidés atteints de mélitococcie expérimentale ou naturelle;*

1° *Mélitococcie expérimentale.* — Cette expérience a été faite, à deux reprises, à un mois d'intervalle, chez 24 brebis saines, ayant reçu chacune un milliard de *Br. melitensis* vivants. Chaque fois, 12 brebis ont été éprouvées par une émulsion de *Br. abortus* tués (deux milliards par centicube) et les 12 autres brebis par la mélitine fraîche, préparée selon la technique de Burnet.

Ces deux antigènes ont montré une grande sensibilité pour déceler l'infection mélitococcique. Sur 24 épreuves à la mélitine, 22 ont été positives, et sur 20 épreuves à l'émulsion de *Br. abortus*, 20 ont été positives.

La réaction locale présente une intensité et une durée variables. L'œdème apparaît, généralement, entre la 12ᵉ et la 24ᵉ heure qui suit l'inoculation de l'antigène, s'accroît ensuite pour atteindre son maximum entre la 36ᵉ et la 48ᵉ heure, puis décroît pour disparaître vers le 4ᵉ ou le 5ᵉ jour. Exceptionnellement, la réaction s'observe au 3ᵉ ou au 4ᵉ jour. Pratiquement, c'est le 2ᵉ jour qu'il faut la rechercher. Souvent, il subsiste, au point d'inoculation, un noyau induré, de la grosseur d'un pois à une petite noisette et qui persiste pendant plusieurs semaines.

La réaction locale s'accompagne souvent d'une réaction générale, carac-

(1) Séance du 2 novembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 722.

térisée surtout par une hyperthermie marquée. Avec la mélitine, toutes les réactions locales positives, moins une, ont été accompagnées d'une réaction thermique comprise entre 1°,4 et 2°. La réaction allergique est précoce. Elle a été observée, en effet, chez presque tous les ovidés, 20 jours après que ceux-ci avaient reçu l'inoculation de *Br. melitensis* vivants.

Une première injection de l'antigène spécifique ne provoque pas l'accoutumance, mais plutôt la sensibilisation de l'organisme.

2° *Mélitococcie naturelle.* — Les constatations précitées ont été presque toutes relevées également chez 20 brebis atteintes de mélitococcie naturelle, éprouvées par une émulsion de *Br. abortus* tués. Treize de cet brebis ont donné une réaction dermique positive, qui, pour 11 d'entre elles, a été accompagnée d'une hyperthermie ayant duré de 6 à 10 heures, et dont le maximum a été compris entre 1°,6 et 2°,4.

II. *Expériences de contrôle de la spécificité :*

1° *Recherche des réactions observées chez des ovins atteints de mélitococcie naturelle, soumis à l'intra-dermo-réaction effectuée à l'aide d'une émulsion de B. typhiques tués.* — Aucune réaction locale positive n'a été observée chez les 20 brebis qui ont été éprouvées. La réaction thermique a èté nulle chez 19 et a atteint 1°,7 chez une brebis en train d'avorter.

2° *Recherche des réactions observées chez des ovins cliniquement et sérologiquement indemnes de mélitococcie, soumis à l'intra-dermo-réaction effectuée à l'aide d'une émulsion de* Br. abortus *tués.* — Chez 19 ovins éprouvés, les réactions locales ont été toutes négatives et elles n'ont été accompagnées que d'une hyperthermie faible et qui n'a atteint, au maximum, que 0°,9.

3° *Résultats de l'intra-dermo-réaction pratiquée à l'aide de l'émulsion de Br. Abortus sur des ovidés sains, en des régions indemnes de mélitococcie.*

Cette expérimentation a été effectuée sur des ovidés sains de la Sarthe et de l'Eure-et-Loire, d'une part, et des Deux-Sèvres, d'autre part, par MM. Brune et Sausseau. Au total, il n'a été observé *aucune réaction positive* chez 620 ovidés indemnes de mélitococcie, soit 503 brebis, 8 béliers, 16 moutons et 95 agneaux.

Conclusions. — 1° La technique de choix pour rechercher la réaction allergique chez des ovidés suspects de mélitococcie consiste à injecter, dans le derme d'un des plis sous-caudaux, 3/10 environ de centicube d'une émulsion de Br. Abortus tués.

Cet antigène donne des résultats comparables à ceux observés avec la mélitine. Son principal avantage, qui justifie son emploi, est qu'il conserve

indéfiniment son activité, alors que la mélitine n'est active, le plus souvent, que pendant un temps très court.

La réaction allergique est caractérisée essentiellement par un œdème plus ou moins volumineux au point d'inoculation et d'une durée de plusieurs jours, accompagnée généralement d'une hyperthermie marquée.

2° Des expériences qui ont été faites, il résulte que la réaction allergique est spécifique de l'infection mélitococcique et qu'elle constitue un procédé pratique et suffisamment sûr de diagnostic qui, désormais, doit servir de base à la mise en vigueur d'une nouvelle prophylaxie.

A $15^h 20^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 septembre 1932.)

Note de M. *P. F. Papcovitch*, Solution générale des équations différentielles fondamentales d'élasticité, exprimée par trois fonctions harmoniques :

Page 515, formules (11) et (12), *au lieu de* grad div, *lire* grad.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude sur la conductibilité électrique et les noyaux de condensation atmosphériques au cours d'un voyage au Groenland.* Note de MM. **CH. MAURAIN** et **J. DEVAUX**.

Les mesures ont été faites en juillet, août et début de septembre 1932, au cours de la croisière du *Pourquoi-Pas?* dirigée par M. J.-B. Charcot, de France au Groenland, et d'un séjour au Scoresby-Sund, sur la côte orientale du Groenland, par 70°,5 de lat. N. Elles ont été exécutées sur le navire, en mer ou au mouillage, en différents emplacements suivant la direction du vent, de manière à faire porter les mesures sur l'air non souillé par les fumées du navire. Des mesures relatives aux noyaux de condensation ont été faites aussi à terre, au Groenland.

I. *Conductibilité électrique.* — On a employé la méthode simple et commode, mais évidemment peu précise, de la déperdition, avec un appareil du genre Elster et Geitel, mais avec un électromètre bifilaire de Wulf. Les capacités des appareils ont été déterminées par E. Salles.

Il a été fait 70 mesures complètes, c'est-à-dire comprenant chacune une mesure de la conductibilité positive λ_+ et une de la conductibilité négative λ_-, dont 28 pendant le voyage (12 en mer, 16 aux escales) et 42 au Groenland, au mouillage au Scoresby-Sund. Voici les valeurs moyennes obtenues. L est la conductibilité totale, $L = \lambda_+ + \lambda_-$ (en unités E. S.) :

	$10^4\lambda_+$.	$10^4\lambda_-$.	10^4L.	$q = \frac{\lambda_+}{\lambda_-}$.
Mesures en mer (12)................	0,90	0,68	1,58	1,32
» à Stornoway (Hébrides) (3)..	0,96	0,49	1,45	1,94
» à Thorshavn (Feroë) (3).....	0,64	0,55	1,19	1,16
» à Akureyri (Islande) (7).....	1,16	1,04	2,20	1,12
» à Vatneiri (Islande) (3).....	0,71	0,89	1,60	0,80
» pendant toute la traversée (28).	0,92	0,75	1,67	1,23
» au Scoresby-Sund (Groen.) (42).	1,62	1,24	2,86	1,31

Bien entendu, les valeurs contenues dans les premières lignes de ce tableau résultent d'un nombre de mesures beaucoup trop faible pour avoir un sens très précis, la conductibilité étant, comme tous les éléments électriques de l'atmosphère, très variable. Mais on peut comparer dans de meilleures conditions les valeurs moyennes des deux dernières lignes qui correspondent à un nombre assez grand de déterminations faites dans une même saison.

Les valeurs moyennes pour le Scoresby-Sund (1,62; 1,24; 2,86).10^{-4} sont notablement plus fortes que les valeurs moyennes pour la traversée (0,92; 0,75; 1,67).10^{-4}. La conductibilité paraît donc particulièrement grande dans les terres arctiques. Cette conclusion est d'accord avec les résultats de diverses mesures antérieures (A. Wegener, au Groenland; K. Hoffmann, au Spitzberg; J. Rouch, à l'île Petermann, lors de la deuxième expédition antarctique Charcot).

La conductibilité positive est, comme cela a lieu de manière générale, plus élevée en moyenne que la conductibilité négative; le rapport λ_+/λ_- pour les valeurs moyennes des 28 mesures faites pendant la traversée est 1,23, valeur peu différente de celle 1,21 correspondant à la moyenne des nombreuses mesures faites en mer par le « Carnegie ». Pour les mesures au Groenland, ce rapport est un peu plus grand, 1,31, et cette particularité se retrouve dans les résultats des mesures citées ci-dessus.

On peut remarquer que les caractères de la conductibilité électrique de l'atmosphère des régions polaires se retrouvent dans la conductibilité sur les hautes montagnes des autres régions. Le fait que la conductibilité est relativement forte en haute montagne est relié à l'accroissement général de la conductibilité avec l'altitude; mais on peut penser que la faiblesse de la teneur en vapeur d'eau, la présence de neiges et de glaces, et la pureté de l'atmosphère interviennent, aussi bien dans les régions polaires que dans les hautes montagnes, pour diminuer le nombre des gros ions et accroître celui des petits ions, et, par suite, pour accroître la conductibilité. D'ail-

leurs, nous avons trouvé le nombre des noyaux de condensation notablement moindre au Groenland (et, particulièrement, à terre) qu'aux autres points du voyage. Comme ces noyaux de condensation interviennent dans la formation des gros ions à partir des petits ions, ce résultat appuie les considérations précédentes. Il est possible, d'autre part, que la valeur relativement grande de la conductibilité électrique dans les régions polaires soit liée aux phénomènes électriques de la haute atmosphère, dont l'activité dans ces régions est manifestée par les aurores polaires.

Nos mesures sont trop peu nombreuses pour qu'on puisse en déduire des remarques sur le rôle des circonstances météorologiques. Nous signalerons cependant le fait suivant : La valeur moyenne de la conductibilité à Akureyri est notablement supérieure à celles obtenues en d'autres points pendant la traversée. Or, cette particularité provient surtout des valeurs élevées obtenues dans deux mesures faites par vent assez fort venant du Sud, c'est-à-dire de l'intérieur de l'Islande (Akureyri est dans un fiord profond du nord de l'Islande); la moyenne de ces deux valeurs de la conductibilité totale est $3,45.10^{-4}$ alors qu'elle est $1,67.10^{-4}$ pour les quatre autres déterminations faites à Akureyri. On peut supposer que, l'Islande étant couverte de roches volcaniques, probablement riches en radium comme le sont généralement ces roches, avec de nombreuses sources thermales, la conductibilité atmosphérique y est relativement grande. A. Ansel a d'ailleurs trouvé, en Islande, pour la conductibilité totale, la valeur assez forte 3.10^{-4} (cité par H. Benndorf).

II. *Noyaux de condensation.* — Les noyaux de condensation atmosphériques ont été dénombrés pendant le voyage et pendant le séjour au Groenland à l'aide d'un appareil d'Aitken, du type Aitken-Lüdeling (J. Aitken, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 18, 1890-1891. — *Collected Scientific Papers*, edited for the R. S. E., p. 236). Le tableau suivant donne la moyenne et les valeurs extrêmes des nombres de « noyaux » par centimètre cube obtenus en différents endroits.

1° *Mesures pendant le voyage.* — En pleine mer, quatre séries de mesures, moyenne 17600, valeurs extrêmes 11000 et 24000. En rade en divers ports, dix séries de mesures, moyenne 49000, valeurs extrêmes 14000 et 85000, moyenne générale pour les mesures faites pendant le voyage : 40000.

2° *Mesures au Groenland* (*Scoresby-Sund*). — En rade, quatre séries de mesures, moyenne 22700, valeurs extrêmes 12400 et 30300. A terre, six séries de mesures, moyenne 10800, valeurs extrêmes 3700 et 26000. Moyenne générale pour les mesures faites au Groenland, 15600.

Les « noyaux de condensation » sont donc nettement moins nombreux au Groenland qu'en mer pendant le voyage, surtout à terre. Les mesures à terre comprennent : une série faite sur un petit glacier, à quelques kilomètre de la côte (résultat 26000), une autre assez loin de la côte et de toute glace ou neige (5100), et les autres sur des collines rocheuses à quelques centaines de mètres de la côte (3700 à 14000).

Comme cela a été rappelé plus haut, ces noyaux interviennent dans la formation des gros ions, à partir de petits ions se fixant sur des noyaux. Ceux-ci étant en nombre plus faible au Groenland, les petits ions doivent y rester relativement plus nombreux, d'où une valeur plus forte de la conductibilité.

Ces nombres sont du même ordre de grandeur que ceux qui ont été obtenus par Aitken au cours de très nombreuses mesures (J. Aitken, *Collected scientific papers*, p. 229, 320, 355), et, depuis, par divers physiciens à la campagne ou au voisinage de la mer. Dans l'atmosphère des villes, comme on sait, les « noyaux de condensation » et particules en suspension sont beaucoup plus nombreux, d'où un nombre plus faible de petits ions libres, et une faible conductibilité électrique ([1]). En un même endroit, le nombre des noyaux varie beaucoup suivant les conditions, météorologiques et autres, et Aitken par exemple, dans ses nombreuses mesures, a obtenu des valeurs extrêmes très écartées : Paris, 92000 à 210000; Cannes 1550 à 150000; Hyères, 5600 à 46000; Col du Simplon, 546 à 1400; Rigi-Kulm, 210 à 12000. Ces derniers exemples, joints à beaucoup d'autres, par exemple de Gockel, rappellent qu'en haute montagne, comme sur la côte du Groenland, les noyaux de condensation sont relativement peu nombreux, ce qui contribue à y donner une forte valeur à la conductibilité. A ces points de vue, comme à bien d'autres, les terres polaires présentent dès leurs côtes des analogies avec la haute montagne des régions tempérées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Tubérisation aseptique et caractères morphologiques résultant de l'action des aliments sucrés sur l'Oignon* (Allium Cepa *L.*). Note de M. **Marin Molliard**.

J'ai montré antérieurement que le phénomène de la tubérisation peut se produire en dehors de l'intervention de tout microrganisme décelable au

([1]) Voir Ch. Maurain et E. Sales, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 723; Denise Daude, *Ann. Inst. de Physique du Globe*, 8, 1930, p. 111; Mme F. Bayard-Duclaux, *Ibid.*, 9, 1931, p. 187.

microscope, pourvu que la plante ait à sa disposition une quantité suffisante d'aliments; c'est le cas des tubercules du Radis ([1]), de la Carotte ([2]), du Dahlia ([2]), ainsi que celui du bulbe de l'Oignon ([1]); en ce qui concerne cette dernière plante j'avais obtenu, avec la variété de l'*Oignon blanc de Barletta*, des bulbes bien constitués, en fournissant à la plantule, mise à germer aseptiquement, un sucre qu'elle est capable d'absorber et d'utiliser. On pouvait objecter à ces expériences qu'on y remplaçait artificiellement le microrganisme hypothétique existant dans l'Oignon et capable de déterminer la tubérisation par un sucre dont la production normale est sous la dépendance de ce microrganisme; or, en se servant comme de milieu de culture soit d'un liquide purement minéral, tel que ceux qui servent couramment pour la culture des plantes vertes, soit même simplement de l'eau de source, on observe encore la formation de bulbes, mais à la vérité d'un faible volume, et l'on peut se demander si la suppression de certains microrganismes, dans un milieu dépourvu de matières organiques assimilables par l'Oignon, n'est pas la cause de la faible tubérisation observée; c'est pour répondre à cette question que j'ai effectué une nouvelle série de cultures de l'Oignon, en m'adressant à la variété *jaune des Vertus*, dont les bulbes sont beaucoup plus volumineux que ceux de la variété précédemment utilisée.

Disons tout d'abord que les bulbes de cette nouvelle variété, obtenus dans les conditions ordinaires de culture et examinés au point de vue histologique, ne m'ont jamais permis de déceler un organisme symbiotique, existant par conséquent d'une manière constante et auquel pourrait être rapporté la tubérisation; d'autre part des cultures effectuées à partir de graines préalablement stérilisées m'ont fourni des bulbes sensiblement plus gros que ceux que j'avais précédemment obtenus, en présence du milieu minéral de Knop rendu solide par l'addition de gélose; cela tient à la plus grande quantité de matériaux de réserve contenue dans les graines de la seconde variété.

Mais avec les graines que j'ai eues à ma disposition, j'ai eu tout d'abord assez de peine à obtenir un nombre important de germinations aseptiques; très souvent les graines, stérilisées au sublimé à 1 pour 100, ne tardaient pas à être envahies, lors du développement de la plantule, par des microrganismes variés; l'observation attentive des germinations mettait facile-

([1]) *Rev. gén. Botan.*, 19, 1907, p. 241.
([2]) *C. R. Soc. Biologie*, 83, 1920, p. 138.

ment en évidence que le point de départ de ces végétations se trouvait résider dans le tégument même de la graine et une légère modification dans la technique m'a permis d'obtenir presque à coup sûr des plantes restant aseptiques; elle consiste après avoir traité les graines par le sublimé, à les mettre à germer sur de l'ouate imbibée d'eau et stérilisée dans un tube à essais, et à les débarrasser du tégument que le cotylédon entraîne à son extrémité; c'est en effet dans l'épaisseur du tégument que résident les germes qui se développent ultérieurement parce qu'ils échappent à la stérilisation qui reste superficielle; la plantule ainsi traitée peut être transportée dans le tube définitif de culture avec toute chance de rester aseptique pendant tout son développement qui, dans nos expériences, s'est poursuivi pendant 4 ou 5 mois. On peut d'ailleurs éviter la manipulation dont nous venons de parler en s'adressant à des graines récoltées dans des conditions telles que le tégument ne soit pas envahi par des moisissures lors de sa dessiccation.

Si, malgré les précautions prises, certains microrganismes se développent, et s'il s'agit de diverses Bactéries ou de Mucédinées variées (Aspergillées, Fusariées, *Cephalothecium roseum*...), ces organismes peuvent se comporter de façons très différentes vis-à-vis de l'Oignon; ou ils tuent rapidement la plante, c'est très généralement le cas de ces Bactéries, ou ils n'empêchent pas la plante de se développer et permettent même la formation de bulbes plus volumineux que dans les cultures restant aseptiques; il est facile de montrer, dans ce dernier cas, que le Champignon ne contracte pas de symbiose véritable avec l'Oignon, mais qu'il agit simplement par le dégagement de gaz carbonique qui est utilisé par l'appareil chlorophyllien de l'Oignon; on peut en effet arriver au même résultat en établissant dans la culture un courant continu d'air chargé de gaz carbonique (2 pour 100 par exemple) ou en enfermant côte à côte dans un vase fermé hermétiquement la culture d'Oignon et une culture d'une des Mucédinées envisagées. Si le développement des bulbes, en l'absence de tout aliment organique, est faible en milieu aseptique cela tient uniquement à la pénétration lente du gaz carbonique dans l'atmosphère où se développe la plante, même lorsque le flacon communique avec l'extérieur par un tampon d'ouate.

Naturellement les bulbes obtenus sont sensiblement plus volumineux lorsque la plante se développe en présence d'un sucre tel que le saccharose; leur diamètre étant par exemple de $0^{cm},7$ en milieu minéral, atteint $1^{cm},7$ en présence de 5 pour 100 de saccharose, pour diminuer d'ailleurs avec des concentrations plus grandes et devenir égal à $1^{cm},4$ avec 10 pour 100 de

saccharose; ces dernières cultures m'ont d'ailleurs présenté des faits d'ordre morphologique qui me semblent mériter d'être signalés.

On connaît la disposition des écailles dans le bulbe de l'Oignon; il s'agit de feuilles dont les régions basilaires, épaissies, sont imbriquées les unes dans les autres et se prolongent par des limbes verts, fistuleux, ne devenant indépendants qu'en dehors d'une région intermédiaire constituée par des gaines dont l'ensemble forme une partie au-dessus du renflement bulbaire; on exprime l'ensemble de cette commune disposition en disant que le bulbe de l'Oignon est *tuniqué*.

Lorsque le bulbe s'est développé en présence d'une solution gélosée comportant 10 pour 100 de saccharose et dans un vase où l'atmosphère est constamment maintenue confinée, son allure se modifie profondément; cela tient essentiellement à ce que les feuilles subissent une réduction dans leur ongueur; le limbe en particulier se réduit très sensiblement, en cessant d'ailleurs d'acquérir le caractère fistuleux; on ne voit plus se constituer de région formée par l'association de gaines et intermédiaire entre la partie bulbaire et le limbe proprement dit; les différentes écailles deviennent indépendantes les unes des autres dans leur partie terminale et l'on se trouve en présence d'un bulbe très comparable à ceux que l'on qualifie d'*écailleux* et qu'on observe normalement chez d'autres plantes : nouvel exemple, particulièrement frappant, de transformation morphologique déterminée par les conditions de nutrition.

J'ai observé d'autre part, dans les cultures réalisées en tubes fermés et sur un milieu contenant 10 pour 100 de saccharose, l'apparition d'une teinte verte sur les radicelles, à condition que le milieu gélosé fût exposé à la lumière; de telles radicelles présentent, dans la partie de l'écorce située en dehors de l'endoderme, de nombreux chloroleucites identiques, comme forme et comme taille, à ceux qu'on observe dans le limbe de la feuille; ils ne présentent jamais d'inclusion amylacée; ils deviennent d'autant moins nombreux qu'on s'éloigne de l'assise sus-endodermique et cessent d'exister dans les cellules les plus externes.

La teinte verte n'apparaît pas dans toutes les radicelles des plantes précédentes et je ne l'ai jamais observée pour des cultures réalisées en présence d'une quantité plus faible de saccharose (5 pour 100 par exemple); mais on observe encore dans les radicelles correspondant à ce dernier milieu des chloroleucites qui sont simplement moins nombreux, plus petits et n'apparaissent que dans l'assise sus-endodermique; ces leucites font entièrement défaut dans les racines qui se développent dans une solution purement

minérale; la chlorophylle paraît donc se développer ici à la lumière, mais seulement en présence d'une quantité suffisante de saccharose et ces nouvelles expériences confirment pour l'Oignon ce que j'avais signalé antérieurement pour l'*Ipomœa purpurea* ainsi que les faits que M. Gautheret (¹) a récemment mis en évidence chez l'Orge, le Lupin et le Radis.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur le choc en retour.* Note de M. E. **Mathias.**

1. « Les dangers que fait courir, à la suite de la décharge électrique ayant lieu à une distance plus ou moins éloignée, la recomposition subite de l'électricité du corps humain décomposée par l'influence d'un nuage orageux, sont-ils à la hauteur de la crainte que nous inspirent et nos traités classiques et nos professeurs de physique?...

Boudin, qui a pu faire une statistique de 1300 cas de décès par fulguration, ne peut mentionner... *qu'un seul cas de mort par le choc en retour;* c'est celui qui a été signalé par Brydone (²), dont parlent depuis 90 ans tous nos traités de physique... » (³).

Il n'y a pas eu depuis de cas de mort par le choc en retour, et depuis 1785 il y a conflit entre les faits cliniques et la théorie classique du Vte Mahon.

2. Montrons que le conflit est seulement apparent, le drame de Coldstream (Écosse) étant dû à une cause autre que le choc en retour.

Soit un nuage positif donnant un éclair descendant qui frappe la terre en A. Dans la théorie classique du choc en retour, il n'y a aucune relation entre cette décharge positive et la disparition dans le réservoir commun de l'électricité négative induite par le nuage positif dans les corps d'hommes ou d'animaux voisins de A. C'est faire une hypothèse gratuite que d'imaginer l'électricité positive de l'éclair allant neutraliser l'électricité négative induite dans les corps vivants au voisinage de A au moment où l'influence cesse par la chute de l'éclair.

Pour ceux qui font cette hypothèse, les courants ascendants positifs qui

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1510.
(²) Brydone, *Phil. Trans.*, 1776, p. 61; *Abridged*, 16, p. 186. Cité par F. Sestier, *De la foudre, de ses formes*, etc. Paris, 1, 1886, p. 190-194.
(³) Dr F. Vincent, *Contribution à l'histoire médicale de la foudre*, p. 29-39, *passim*. Paris, G. Masson, éditeur, 1875.

neutralisent toutes les influences négatives sont des *éclairs ascendants de choc en retour*. Il n'y aurait jamais d'éclair fulgurant descendant sans, pour chacun des corps vivants induits au voisinage de son point de chute, l'obligatoire éclair descendant de choc en retour, qu'on le voie ou non.

Ce qui précède permet de comprendre des passages, obscurs au premier abord, de Sestier et de C. Flammarion (*Les phénomènes de la foudre*, p. 71-87, *passim;* Paris, 1905, Ernest Flammarion) et pourquoi ils s'intéressent particulièrement aux observations d'éclairs ascendants.

Dans le cas d'un nuage négatif induisant la surface de la Terre, sa décharge (éclair ascendant terrestre) produirait, pour chacun des corps vivants induits près de son point de départ, l'obligatoire *éclair descendant de choc en retour*. Mais ce cas est moins simple à imaginer que le premier et on l'invoque pour obtenir un énoncé général du choc en retour indépendant du signe de l'électricité du nuage qui induit la Terre.

3. Appliquons ce qui précède au drame de Coldstream raconté avec tant de détails par Brydone. On comprend tout de suite qu'il s'agit d'un cas non douteux d'*éclair ascendant ordinaire* avec tonnerre mais sans éclair. Plusieurs phénomènes extraordinaires qui eurent lieu le même jour (19 juillet 1785), avant et après le drame marqué par la mort du charretier Lander, sont également des signes certains d'éclairs ascendants. On sait, depuis longtemps, que l'éclair ascendant tue les corps vivants tout aussi bien que l'éclair descendant, avec cette circonstance aggravante qu'il peut, dans ce cas, n'y avoir ni éclair, ni tonnerre. Dès lors, le cas mortel du récit de Brydone se comprend aisément et rentre dans la règle ordinaire; et comme il n'y a nulle intervention de choc en retour, le conflit signalé par le D[r] Vincent s'évanouit. Le conflit ne subsiste que pour ceux qui voient, dans tout éclair ascendant, le choc en retour d'un éclair *descendant* qu'on suppose exister, même quand il n'y a aucune lumière et qu'on n'entend aucun tonnerre.

4. Montrons maintenant les imperfections de la théorie du V[te] Mahon, dont les expériences si variées sur le choc en retour paraissent irréprochables (¹). Le *conducteur principal* PC y était un long cylindre métallique

(¹) CHARLES, Vicomte MAHON, F. R. S., *Principes d'Électricité* contenant divers nouveaux Théorèmes et Expériences, avec une Analyse des avantages supérieurs des conducteurs élevés et pointus. Ce Traité comprend une Explication d'un *Choc électrique en retour*, par lequel des Effets fatals peuvent être produits, même à une vaste Distance de la Place où tombe l'Éclair. Londres. Imprimé par P. Elmsly, dans le *Strand*, 1779, p. 76-114.

chargé positivement par une machine à frottement tournant à vitesse constante; sa pleine charge acquise par temps sec, il se déchargeait dans le sol sur une boule métallique L placée à distance constante. En face de PC, à distance fixe, était un assez long conducteur isolé AB, très peu distant d'un autre conducteur EF, habituellement identique à AB, d'isolement varié. Pendant la charge de PC, des étincelles allaient *de* AB *à* EF. Lors de la décharge de PC sur L, l'étincelle de choc en retour revenait de EF à AB.

Étendant par la pensée ses expériences aux nuages à foudre, le V[te] Mahon suppose qu'un tel nuage induisant fortement la Terre est l'analogue du *conducteur principal* PC. Il résulte de cette identification que *le nuage à foudre n'est chargé en tous ses points que d'une seule espèce d'électricité et qu'il peut avoir dans la réalité une longueur très grande*. S'il se décharge sur la terre par une de ses extrémités (1), les phénomènes d'influence, donc de choc en retour, se produiront à l'autre extrémité, presque aussi voisine de la Terre que la première, quelle que soit la longueur du nuage positif assimilé inconsciemment à *un conducteur parfait*, tandis que dans la région intermédiaire, *sous l'arche*, il ne se passe rien, à cause de la distance plus grande à la Terre.

Or la théorie du nuage à foudre du D[r] G. Simpson [*The mechanism of a Thunderstorm* (*Proc. Roy. Soc.*, A, 114, 1927)] montre que celui-ci est nécessairement *polarisé*, la base du cumulus présentant les deux électricités, la positive du côté où s'engouffre le vent, la négative à l'opposé. L'influence de la partie positive ne peut donc se produire qu'à une distance relativement petite du point de la Terre où tombe l'éclair, ce qui est en contradiction avec la théorie du V[te] Mahon. Celle-ci, d'autre part, est muette sur le danger de la recomposition du fluide neutre dans les corps vivants quand l'influence cesse brusquement. Le danger mortel affirmé par l'auteur repose sur un raisonnement extérieur à sa théorie même et dont la faiblesse est évidente.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la présence de vanadium chez certains Tuniciers.* Note de MM. **J. Cantacuzène** et **A. Tchekirian.**

La présence de vanadium chez les Ascidiens a été signalée pour la première fois par Henze qui l'a mis en évidence chez *Phallusia mamillata* (*Zeitsch. f. physiolog. Chemie*, 72, 1911, p. 494).

Hecht constata la présence de ce même métal chez certains Ascidiens

(1) Il suffit pour cela de le supposer légèrement courbe, comme une arche de pont.

(*Amer. J. of physiology*, 45, 1918, p. 157). Enfin Azema et Piet ont démontré par l'analyse spectroscopique la présence de vanadium chez les espèces suivantes : *Phallusia mamillata*, *Asc. mentula*, *Asc. fumigata* et, parmi les Tuniciers composés, *Botrylloïdes rubrum* et *Botryllus Schlosseri* (var. *Smaragdus*) (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 220).

Il nous a semblé intéressant de préciser la question au point de vue de l'analyse quantitative et cela d'autant plus que les eaux de mer ne contiennent de vanadium qu'à l'état de traces non décelables par l'analyse chimique; pour les mettre en évidence il est nécessaire d'évaporer au moins 200 litres d'eau et de soumettre, après traitement chimique, le résidu de cette opération à l'analyse spectroscopique. Il résulte de nos recherches que l'organisme de beaucoup de Tuniciers a la propriété de concentrer dans leurs tissus le vanadium qui n'existe dans le milieu ambiant qu'en proportion infinitésimale.

La technique employée par nous a consisté a rapporter, après incinération de l'animal, le poids du vanadium recueilli au poids total des cendres lavées et débarassées des sels solubles dans l'eau. Par ce procédé on obtient, sinon des nombres rigoureusement exacts, tout au moins un ordre de grandeur très approché de la réalité. On opère de la façon suivante :

Les cendres obtenues après dessiccation et calcination de l'animal sont lavées à l'eau distillée pour éliminer les sels solubles (ClNa, ClK, Cl^2Mg, etc.).

La portion insoluble outre la silice, contient à l'état d'oxydes tout le vanadium, le fer et l'aluminium; on attaque par ClH; puis on évapore à sec pour insolubiliser la silice et l'on reprend par ClH dilué. On filtre.

Le filtrat, acide, est traité par l'eau oxygénée : dans ces conditions une partie du vanadium qui se trouve en solution à l'état de sels de vanadyle est oxydée en vanadium heptavalent (solution orangée). On chauffe à ébullition pour éliminer l'excès d'eau oxygénée; puis la liqueur, légèrement alcalinisée par l'ammoniaque, est additionnée de sulfhydrate d'ammonium qui précipite le fer et l'aluminium et fait passer le vanadium à l'état de sulfovanadate soluble, colorant la solution en rouge cerise.

L'addition de HCl dilué jusqu'à concentration de 0,15 N détermine la précipitation de tout le vanadium à l'état de V^2S^5, et en même temps la dissolution des sels de fer et d'aluminium. On sature avec l'acide sulfhydrique et l'on abandonne 24 heures à une douce chaleur.

On filtre, on lave le précipité avec une solution de ClH à 0,15 N saturée de H^2S. On élimine le soufre par dissolution dans S^2C; on sèche à l'étuve à 110° et l'on pèse V^2S^5.

Nos expériences ont été faites sur des Tuniciers de la région de Roscoff.

Ainsi que le montre le tableau suivant la teneur en vanadium varie considérablement selon l'espèce considérée (les chiffres qui suivent se rapportent au poids des cendres lavées de la totalité de l'animal, y compris la tunique).

Description de l'espèce.	Poids de l'animal calciné.	Poids des cendres lavées.	Teneur pour 100 en vanadium rapporté au poids des cendres lavées.
	g	g	
Ciona intestinalis..............	2,4	0,24	15,4
Ascidia mentula...............	11	2,4	4,5
Ascidia fumigata.............	–	3	1,6
Ascidiella asperea	3,2	1,11	0,8
Botryllus Schlosseri (var. jaune).	1,6	0,3	0,5
Styllopsis grossularia..........	10,8	5	0,05
Botryllus Schlosseri (var. *amaragdus*).....................	7,4	1	0,27
Polysinorata Lacazei..........	4,4	2,7	0,21
Leptoolinum griseum..........	4,7	2,7	0,14

Ajoutons que chez un certain nombre de Polyclinidés : *Pacascidia* (*fragaria*) *elegans*, *Sidnyum turbinatum* (*Circinalium concrescens*), *Morchellium argus*, l'analyse chimique n'a pas permis de déceler de vanadium.

Lorsque l'on traite par l'alcool l'animal avec sa tunique sans calcination préalable l'on obtient une solution orangée, de réaction franchement acide, dans laquelle on peut mettre en évidence directement la présence du vanadium en faisant agir successivement sur cette solution de sulfhydrate d'ammonium et de l'acide chlorhydrique, dans ce cas l'on constate que ni le vanadium ni le fer ne sont dissimulés,

Où se trouve localisé le vanadium? Notons d'abord que ce métal existe en abondance plus grande chez les individus jeunes que chez les adultes ayant atteint leur taille limite. Lorsque l'on traite successivement par le sulfhydrate d'ammonium puis par l'acide chlorhydrique au 1/10ᵉ des coupes faites à main levée dans la tunique d'*Ascidia mentula* (non fixées ou préalablement fixées au formol à 12 pour 100) l'on constate la présence de très nombreux grains de vanadium localisés à l'intérieur des cellules « araignées » de la tunique ainsi qu'à la périphérie des énormes éléments vacuolaires dispersés dans cette dernière (cellules à acide sulfurique). Ces grains de vanadium jalonnent dans toute leur étendue les prolongements étoilés des cellules araignées; leur présence, mise ainsi en évidence, permet de pour-

suivre ces prolongements mieux que ne le ferait tout autre méthode et permet également de constater que la tunique dans toute son étendue est parcourue par un réticulum cytoplasmatique, d'une ténuité et d'une richesse inouïes, émané des cellules araignées; ce réseau s'étale à la surface des grands éléments vacuolaires qu'il enserre dans sa trame. Quant à ces derniers le vanadium est concentré surtout dans la portion de *cytoplasma* qui entoure le noyau; l'on n'en trouve pas à l'intérieur de la vacuole. On constate également la présence de grains libres de vanadium épars dans la substance fondamentale de la tunique.

Les amibocytes migrateurs de la tunique contiennent également des grains de vanadium en assez grande abondance; nous n'avons vu de grains de vanadium ni dans la paroi des vaisseaux de la tunique ni à l'intérieur des cellules à pigment orange contenues dans ces vaisseaux.

Notons enfin pour terminer que les tissus et le sang des Tuniciers examinés par nous, riches en fer et en vanadium, ne semblent pas contenir de cuivre; il y a là une nouvelle particularité curieuse chez ces animaux si riches en caractères paradoxaux et l'on peut se demander si le vanadium ou le fer ne joueraient pas chez eux, dans les échanges respiratoires, le rôle de métal catalyseur dévolu au cuivre chez la plupart des autres Invertébrés; à ce propos notons que l'analyse chimique nous a permis de constater que le sédiment cellulaire du liquide sanguin chez *Ascidia mentula* contient une proportion de vanadium qui représente 66,7 pour 100 du poids total des cendres lavées.

M. L. **Cuénot**, par l'organe de M. L. **Bouvier**, fait hommage à l'Académie du fascicule 24 de la *Faune de France : Tardigrades*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jac. Berzelius *Brev*, publiées au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède par H. G. Söderbaum. XIV. *Correspondance entre Berzelius et Sven Nilsson* (1819-1847).

2° *Cours de Chaudières à vapeur de l'École du Génie civil et de Navigation de Paris*. Professeurs : Julien Galopin et H. Marcel Astruc.

3° AUG. CHEVALIER. *Ressources végétales du Sahara et de ses confins nord et sud*. (Présenté par M. J. Tilho.)

4° Société entomologique de France. *Livre du Centenaire. La Société entomologique de France* (1832-1931), par P. DE PEYERIMHOFF. (Présenté par M. L. Bouvier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces de Riemann admettant un groupe de transformations isométriques à $n(n+1)/2$ paramètres.* Note de M. **POTRON**, présentée par M. d'Ocagne.

En rapprochant de résultats connus, d'ailleurs faciles à établir, le théorème énoncé dans une précédente Note [1], j'ai pu établir très simplement le théorème suivant [2]. *Si le groupe* G *des transformations isométriques d'un espace de Riemann est à $n(n+1)/2$ paramètres, l'espace de Riemann est à courbure constante; et* G *est semblable, soit au groupe des déplacements euclidiens, soit à celui des déplacements cayleyens.*

Je suppose l'espace de Riemann défini par

$$ds^2 = \sum_{i,k} g_{ik}\, dx^i\, dx^k.$$

Si $X = \Sigma \xi^i \partial/\partial x^i$ est une t^{on} ∞^{le} (transformation infinitésimale) de G, on sait [3] que les ξ^i vérifient les équations de Killing

$$\sum_l \left(\xi^l \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^l} + g_{il}\frac{\partial \xi^l}{\partial x^k} + g_{kl}\frac{\partial \xi^l}{\partial x^i}\right) = 0 \qquad (i, k = 1, \ldots, n). \tag{1}$$

Posons

$$\xi_l = \sum_\lambda g_{l\lambda}\xi^\lambda, \qquad \Gamma_{h\lambda,k} = \frac{\partial g_{h\lambda}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{k\lambda}}{\partial x^h} - \frac{\partial g_{hk}}{\partial x^\lambda}, \qquad \Gamma^l_{kh} = \sum g^{l\lambda}\Gamma_{h\lambda,k},$$

$g^{l\lambda}$ désignant $(1/g)\partial g/\partial g_{l\lambda}$, g étant le discriminant de l'expression quadratique de ds^2. Le système (1) devient

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial x^k} + \frac{\partial \xi_k}{\partial x^i} = 2\sum_l \Gamma^l_{ik}\xi_l \qquad (i, k = 1, \ldots, n); \tag{2}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 747.

[2] Cf. LIE-ENGEL, *Transformationsgruppen*, 3, p. 353. La démonstration donnée (p. 325-333) est très compliquée.

[3] BIANCHI, *Lezioni sulla Teoria dei Gruppi*, p. 495.

et l'on en déduit, par dérivation,

$$(3)\qquad \frac{\partial^2 \xi_i}{\partial x^h \partial x^k} = \frac{\partial}{\partial x^h}\sum_l \Gamma^l_{ik}\xi_l + \frac{\partial}{\partial x^k}\sum_l \Gamma^l_{ih}\xi_l - \frac{\partial}{\partial x^i}\sum_l \Gamma^l_{hk}\xi_l.$$

Le système (1) ou (2), complètement intégrable d'après l'hypothèse, est celui des équations de définition ([1]) du groupe G. Appliquant à ce système les procédés connus ([2]) pour en déduire les ordres, en un point ordinaire, des t^ons^ ∞^les^ du groupe, je montre que G aura nécessairement n t^ons^ ∞^le^ indépendantes d'ordre 0, et $n(n-1)/2$ indépendantes d'ordre 1. Comme dans ma précédente Note, ces dernières auront la forme

$$\mathrm{R}_{ik} = r_{ik} + \ldots, \qquad r_{ik} = x^i \frac{\partial}{\partial x^k} - x^k \frac{\partial}{\partial x^i};$$

et je montre que, pour les n premières, peuvent être prises les

$$\mathrm{P}_i = p_i + \ldots, \qquad p_i = \frac{\partial}{\partial x^i} \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

D'après ma Note, je puis alors affirmer que le groupe G′ des transformations conformes contient une t^on^ ∞^le^

$$\mathrm{U} = u + \ldots, \qquad u = \sum_i x^i p_i.$$

Le groupe G′ contient alors toutes les $\mathrm{W}_i = (\mathrm{P}_i \mathrm{U}) - \mathrm{P}_i$. Si elles sont toutes nulles ou d'ordre 1, je montre que G est alors le groupe des déplacements euclidiens.

Si W_i est d'ordre q, $(\mathrm{P}_i \mathrm{W}_i)$ est d'ordre $q-1$. Répétant l'opération, on voit que G′ contient des t^ons^ ∞^les^ d'ordre 2. Or on connaît leur forme $\mathrm{V}_h = v_h + \ldots$, $v_h = 2x^h u - \sum_i (x^i)^2 p_h$; et l'on sait qu'elles sont en nombre n, et que G′ ne peut pas avoir de t^ons^ ∞^les^ d'ordre > 2 ([3]). Or on sait ([4]) que le groupe G′, engendré par les $(n+1)(n+2)/2$ t^ons^ ∞^les^ : $\mathrm{P}_i = p_i + \ldots$, $\mathrm{R}_{ik} = r_{ik} + \ldots$, $\mathrm{U} = u + \ldots$, $\mathrm{V}_h = v_h + \ldots$, est semblable au groupe G'_1,

(1) BIANCHI, p. 123.
(2) BIANCHI, p. 142.
(3) LIE-ENGEL, *Transformationsgruppen*, 3, p. 321.
(4) LIE-ENGEL, 1, p. 611 et 618.

engendré par les p_i, r_{ik}, u, v_h, qui est (¹) le groupe continu des transformations conformes de l'espace euclidien.

Le groupe G sera donc semblable à un diviseur G_1 de G'_1. Le groupe G_1 devant avoir, comme G (²), n t^ons^ ∞^les^ d'ordre o, et $n(n-1)/2$ d'ordre 1, sera nécessairement engendré par

$$P_i = p_i + \alpha_i u + \sum_h \beta_{ih} v_h,$$

$$R_{ik} = r_{ik} + \gamma_{ik} u + \sum_h \delta_{ikh} v_h.$$

Je montre que l'on a nécessairement $\alpha_i = \gamma_{ikh} = \delta_{ikh} = \beta_{ih}(i \neq h) = 0$, et que les β_{ii} ont une valeur commune β. Le groupe G est donc semblable au groupe G_1 engendré par les $P_i = p_i + \beta v_i$ et les r_{ik}. Par un changement de variables $x'^i = kx^i$, k vérifiant $\beta k^2 = \varepsilon = \pm 1/4$, $\varepsilon\beta > 0$, on obtient un groupe engendré par les $P_i = p_i + (\varepsilon/4) v_i$ et les r_{ik}. C'est (³) le groupe des transformations isométriques de l'espace de Riemann, à courbure constante ε, défini par $ds^2 = \Sigma(dx^i)^2/[1 + (\varepsilon/4)\Sigma(x^i)]^2$.

Le groupe G des transformations isométriques étant transitif et à $n(n+1)/2$ paramètres, l'espace de Riemann vérifie le postulat de libre mobilité. On retrouve ainsi les résultats de M. Cartan (⁴).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'étude des singularités ponctuelles des fonctions sous-harmoniques.* Note (⁵) de M. **Marcel Brelot**.

1. Je poursuivrai ici l'étude commencée dans une Note précédente (⁶).

Je reprends, avec les mêmes notations, la fonction sous-harmonique générale u, au voisinage de O, O exclu, sous la forme

$$(1) \qquad u(M) = \lambda(M) \log \frac{1}{\overline{OM}} \quad \text{(plan)} \qquad \text{ou} \qquad u(M) = \lambda(M) \frac{1}{\overline{OM}^{n-2}} \quad \text{(espace à } n \text{ dimensions)}.$$

(¹) Lie-Engel, 3, p. 351.
(³) Bianchi, *Lezioni sulla Teoria dei Gruppi*, p. 135.
(²) Lie-Engel, 3, p. 354.
(⁴) *Leçons sur la Géométrie des Espaces de Riemann*, p. 124 et 200.
(⁵) Séance du 2 novembre 1932.
(⁶) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 693.

2. Supposons u bornée, soit supérieurement, soit inférieurement. Dans les deux cas :

$$(2)\qquad u \leqq \lambda_m(O)\log\frac{1}{OM} + \text{const.} \qquad \text{ou} \qquad u \leqq \lambda_m(O)\frac{1}{\overline{OM}^{n-2}} + \text{const.},$$

en sorte que $\lambda_m(O)$, finie ou non, est la plus grande limite de $\lambda(M)$ en O. Alors, si $\lambda_m(O)$ est finie et u continue hors de O, $\lambda(M)$ est quasi continue en O, mais pas nécessairement continue d'ailleurs.

3. Les divers exemples de cas possibles, indiqués ou sous-entendus dans ce qui précède, sont basés sur les remarques suivantes :

a. Construction de fonctions sous-harmoniques $f(\overline{OM}) > 0$ croissant aussi vite qu'on veut avec $1/OM$.

b. Construction de fonctions sous-harmoniques < 0 présentant diverses allures en O [1], au moyen d'un potentiel spatial ; la densité de distribution sera par exemple nulle sauf dans des cercles ou sphères convenables γ_n, sans point commun et tendant vers O (qui leur est extérieur) ; elle sera prise $\leqq 0$ convenablement et par exemple constante dans chaque γ_n.

c. Si u est sous-harmonique, $u + |u|$ l'est aussi.

4. De cette dernière remarque résulte aisément que $|u(M)|$ et $|\lambda(M)|$ admettent, comme u et λ, des valeurs moyennes en O, finies ou non.

De plus, si la valeur moyenne en O de $|u|$ est finie, u est bornée supérieurement ; si la valeur moyenne en O de $|\lambda|$ est finie, λ est bornée supérieurement, de sorte que par addition à u d'une fonction harmonique

$$-K\log\frac{1}{OM}\quad\left(\text{ou } -K\frac{1}{\overline{OM}^{n-2}}\right)\qquad (K \geqq 0),$$

on se ramène au cas de u bornée supérieurement.

5. Après l'étude de la fonction u elle-même vient celle d'éléments dérivés de u lorsqu'ils existent, tels que les dérivées successives de u.

Supposons que u admette, hors de O, un laplacien généralisé continu [2] Δu, d'ailleurs nécessairement $\geqq 0$, et par suite des dérivées premières continues.

Pour que Δu soit sommable au voisinage de O, il faut et il suffit, comme

---

[1] Par exemple bornées et discontinues, ou bien possédant une valeur moyenne même finie, et tendant vers $-\infty$ aussi vite qu'on veut sur certaines suites convenables de points tendant vers O.

[2] Voir *Thèse*, Chap. I, § I (*Annales de l'École Normale sup.*, 48, 1931, p. 159).

cela résulte de certains raisonnements de F. Riesz, que u soit au plus égale à une fonction harmonique au voisinage de O, O exclu; et u est alors de la forme, par exemple dans le plan,

$$(3) \qquad u(\mathrm{M}) = -\frac{1}{2\pi}\iint \log \frac{1}{\mathrm{MP}} \Delta u(\mathrm{P})\, d\omega_{\mathrm{P}} + \text{fonc. harm. hors de O.}$$

Si Δu est sommable on démontre, grâce ([1]) à (3), que $\lambda_m(\mathrm{O})$ est finie et que $\mathrm{I}_\rho = \int_{\gamma_\rho \,\mathrm{int}} (du/dn)\, ds$ tend vers $2\pi\lambda_m(\mathrm{O})$ quand le rayon ρ du cercle γ_ρ de centre O tend vers zéro. Si Δu n'est pas sommable, on démontre que $\lambda_m(\mathrm{O}) = +\infty$ et que $\mathrm{I}_\rho \to +\infty$. Il y a donc toujours pour I_ρ et par suite pour $\int_{\gamma\,\mathrm{int}} (du/dn)\, ds$ où γ est une courbe (à tangente continue) se réduisant au point O qu'elle entoure, une limite déterminée toujours égale à $2\pi\lambda_m(\mathrm{O})$.

Dans l'espace à n dimensions, il suffirait de changer le facteur 2π en $(n-2)s_n$ où s_n est la surface de la sphère unité.

Remarque. — D'après ce qui précède, si $\lambda_m(\mathrm{O})$ est finie, u admet une majorante harmonique et inversement; cette propriété est d'ailleurs vraie pour la fonction u la plus générale considérée au début.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de Bessel-intégrales.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

M. Van der Pol ([2]) a introduit une fonction qu'il a appelée *fonction de Bessel-intégrale*, définie par la relation

$$\mathrm{J}i(x) = -\int_x^\infty \frac{\mathrm{J}_0(x)}{x}\, dx,$$

J_0 étant la fonction de Bessel d'ordre zéro. Cette fonction généralise, on le voit, le cosinus-intégral, puisque l'on a ([3])

$$ci(x) = -\int_x^\infty \frac{\cos x}{x}\, dx.$$

([1]) Voir dans ma Thèse (*loc. cit.*), Chap. II, § III, l'étude du potentiel au voisinage d'un point singulier de la densité.

([2]) *Philosophical Magazine*, 8, suppl. décembre 1929, p. 887.

([3]) Cf. N. Nielsen, *Theorie des integrallogarithmus*, Leipzig, 1906, ou Jahnke-Emde, *Funktionentafeln*, Leipzig, 1909, p. 19.

L'auteur s'est contenté de montrer que $\mathrm{J}\,i(x)$ joue un rôle dans l'expression de la dérivée d'une fonction de Bessel par rapport à son indice. Mais sa fonction jouit de nombreuses propriétés intéressantes. On a, par exemple,

$$\mathrm{J}\,i(x)=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} ci(x\sin\theta)\,d\theta,$$

formule tout à fait analogue à l'intégrale de Parseval

$$\mathrm{J}_0(x)=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(x\sin\theta)\,d\theta.$$

D'une façon générale, nous définirons les fonctions d'ordre quelconque par

$$\mathrm{J}\,i_n(x)=-\int_x^{\infty}\frac{\mathrm{J}_n(x)}{x}\,dx.$$

On aura alors le développement (analogue à la série de Schlömilch)

$$li\,e^{\frac{x}{2}\left(z-\frac{1}{z}\right)}=\sum_{-\infty}^{+\infty} z^m\,\mathrm{J}\,i_m(x).$$

li étant le logarithme intégral. Nous comptons étudier ces fonctions, d'une façon plus étendue, dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème, analogue à celui de Rouché, relatif aux zéros des fonctions holomorphes.* Note de M. **D. Pompeiu**, présentée par M. Henri Villat.

1. Le théorème classique de Rouché, très utile dans beaucoup d'applications, peut être formulé dans les termes suivants :

Soit $f(z)$ une fonction : holomorphe dans l'intérieur d'un contour simple fermé C, continue sur C et possédant des zéros dans l'intérieur de ce contour.

Si une autre fonction $\varphi(z)$: holomorphe aussi dans C et continue sur la frontière C est telle que l'on a

$$|\varphi(z)|<|f(z)|$$

le long de la frontière C : alors la fonction

$$g(z)=f(z)+\varphi(z)$$

possède aussi des zéros dans C et, d'une façon précise, autant de zéros que $f(z)$.

On remarquera que, dans le théorème de Rouché, la condition que l'on impose à la fonction complémentaire $\varphi(z)$ est d'être inférieure, en *module*, à $f(z)$ tout le long de la frontière C.

2. Il est naturel de chercher, dans le cas où la relation entre les *modules* de $f(z)$ et $\varphi(z)$ le long de C reste arbitraire, une condition où interviennent les *arguments* de $f(z)$ et $\varphi(z)$ lorsque z parcourt la courbe fermée C; cette condition permettant d'établir un théorème analogue à celui de Rouché.

Il existe une telle condition : elle s'exprime sous forme très simple et permet d'affirmer l'existence des zéros de la fonction

$$g(z) = f(z) + \varphi(z).$$

En effet, supposons que, lorsque le point z parcourt la courbe fermée C, les deux vecteurs $f(z)$ et $\varphi(z)$, tracés dans le plan OXY de la variable

$$Z = f(z),$$

fassent toujours entre eux un angle $\leqq \pi/2$.

On montre alors facilement que l'on a, pour z quelconque sur la courbe C,

$$|\varphi(z)| < |f(z) + \varphi(z)|.$$

On a aussi

$$|f(z)| < |f(z) + \varphi(z)|,$$

mais nous retiendrons seulement la première relation.

Cela posé on se trouve en face de deux hypothèses possibles :

1° La fonction

$$g(z) = f(z) + \varphi(z)$$

ne possède pas de zéros dans C;

2° La fonction $g(z)$ possède au moins un zéro dans C.

Je dis que, avec la condition imposée à $\varphi(z)$, la première hypothèse est à rejeter comme inacceptable.

En effet, posons

$$h(z) = \frac{\varphi(z)}{f(z) + \varphi(z)},$$

et admettons pour un instant que le dénominateur ne possède pas de zéros dans C : $h(z)$ est alors une fonction holomorphe dans C et, d'après nos hypothèses, on a, le long de la frontière C,

$$|h(z)| < 1.$$

Mais puisque, par hypothèse, $f(z)$ possède au moins un zéro dans l'intérieur de C, on doit avoir pour un certain point z_0, intérieur à C,

$$f(z_0) = 0,$$

et alors au même point on aura

$$h(z_0) = 1.$$

Mais cette conséquence est absurde puisque $h(z)$, étant holomorphe dans C et inférieure en *module* à *un* le long de la frontière C, ne peut pas prendre dans l'intérieur du contour la valeur *un*.

On doit donc rejeter la première hypothèse et il reste ainsi établi que la fonction

$$g(z) = f(z) + \varphi(z)$$

possède au moins un zéro dans C.

3. On remarquera que le théorème que nous venons de démontrer établit seulement l'existence des zéros (au moins un) de $g(z)$ sans rien préciser quant au nombre de ces zéros par comparaison avec $f(z)$.

CALCUL MÉCANIQUE. — *Machine à calculer mue électriquement.* Note [1] de M. Nicolas Apraxine, présentée par M. d'Ocagne.

La machine dont nous avons conçu le projet comporte comme partie essentielle un compteur électrique dont le fonctionnement est assuré par un système de commutation, constitué au moyen de relais et d'une combinaison de circuits électriques.

Ce compteur appliqué, suivant le cas, aux machines à calculer, à statistique, comptables, caisses enregistreuses, etc., permet d'obtenir des machines plus perfectionnées au point de vue de la rapidité, de l'automaticité et du fonctionnement.

Le compteur ainsi conçu se compose d'un certain nombre de groupes de relais, chaque groupe correspondant à l'ordre décimal de chaque chiffre d'un nombre (unités, dizaines, etc.). Grâce à l'action exercée sur les circuits de chaque groupe, à l'aide de moyens tels que clavier, cartes perforées, etc., déjà usités dans les machines à calculer, l'état des relais se modifie d'une façon déterminée par rapport à leur état initial.

Cet état final dépend : 1° de l'action extérieure exercée ; 2° de l'état antérieur des relais.

---

[1] Séance du 7 novembre 1932.

L'état final du groupe prendra dès lors une forme bien déterminée correspondant à un chiffre donné.

Chaque chiffre du résultat obtenu peut être relevé, soit sur un organe mobile chiffré, ainsi qu'il en est dans les machines les plus connues, soit sur un tableau lumineux, où, en s'éclairant, des lampes peuvent faire apparaître les chiffres voulus.

L'application d'un tel compteur aux machines à calculer permet d'obtenir un fonctionnement rapide et silencieux et fournit un moyen d'effectuer les quatre opérations arithmétiques automatiquement en faisant immédiatement apparaître le résultat.

Comme tout système fonctionnant grâce à une combinaison de circuits électriques, ce procédé possédera une grande souplesse permettant de l'adapter à diverses applications spéciales.

La manœuvre de l'appareil est également plus simple et facile que dans les machines purement mécaniques.

Les relais, dont sera composée la machine à calculer ainsi conçue, seront placés à l'intérieur d'un cadre. Elle sera munie d'un clavier composé d'une série de touches analogues à celles des machines à calculer courantes, et d'un tableau de lecture du résultat.

La construction d'une telle machine se trouvera grandement simplifiée du fait qu'il n'y interviendra qu'un nombre très réduit de pièces distinctes; pour employer le langage même des électriciens on peut dire que la machine comportera une sorte de standardisation des pièces entrant dans sa composition qui facilitera grandement sa construction.

ÉLASTICITÉ. — *Solution générale du problème de l'équilibre élastique d'un cylindre circulaire creux et d'une partie du cylindre.* Note de M. B. GALERKIN, présentée par M. Mesnager.

Les tensions et les déplacements d'un corps élastique, qui se trouve en équilibre, peuvent être exprimés en coordonnées cylindriques polaires par trois fonctions indépendantes ψ_1, ψ_2 et ψ_3 de la manière suivante :

$$(1)\quad \widehat{rr} = \left(-\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \sigma\nabla^2\right)\psi + 2(1-\sigma)\frac{\partial}{\partial r}(\cos\theta\,\nabla^2\psi_1 + \sin\theta\,\nabla^2\psi_2);$$

$$(2)\quad \widehat{\theta\theta} = \left(-\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} - \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2} + \sigma\nabla^2\right)\psi - 2(1-\sigma)\frac{1}{r}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\nabla^2\psi_1 - \cos\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\nabla^2\psi_2\right);$$

$$(3)\quad \widehat{zz} = \left(-\frac{\partial^2}{\partial z^2} + \sigma\nabla^2\right)\psi + 2(1-\sigma)\frac{\partial}{\partial z}\nabla^2\psi_3;$$

et

$$(4)\quad \widehat{\theta z} = -\frac{1}{r}\frac{\partial^2\psi}{\partial z\,\partial\theta} - (1-\sigma)\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial z}\nabla^2\psi_1 - \cos\theta\frac{\partial}{\partial z}\nabla^2\psi_2 - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\nabla^2\psi_3\right);$$

$$(5)\quad \widehat{rz} = -\frac{\partial^2\psi}{\partial r\,\partial z} + (1-\sigma)\left(\cos\theta\frac{\partial}{\partial z}\nabla^2\psi_1 + \sin\theta\frac{\partial}{\partial z}\nabla^2\psi_2 + \frac{\partial}{\partial r}\nabla^2\psi_3\right);$$

$$(6)\quad \widehat{r\theta} = -\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right) + (1-\sigma)\left(\frac{1}{r}\cos\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\nabla^2\psi_1 - \sin\theta\frac{\partial}{\partial r}\nabla^2\psi_1 + \frac{1}{r}\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\nabla^2\psi_2 + \cos\theta\frac{\partial}{\partial r}\nabla^2\psi_2\right);$$

$$(7)\quad \mathrm{U} = -\frac{1+\sigma}{\mathrm{E}}\left[\frac{\partial\psi}{\partial r} - 2(1-\sigma)(\cos\theta\,\nabla^2\psi_1 + \sin\theta\,\nabla^2\psi_2)\right];$$

$$(8)\quad \mathrm{V} = -\frac{1+\sigma}{\mathrm{E}}\left[\frac{1}{r}\frac{\partial\psi}{\partial\theta} + 2(1-\sigma)(\sin\theta\,\nabla^2\psi_1 - \cos\theta\,\nabla^2\psi_2)\right];$$

$$(9)\quad \mathrm{W} = -\frac{1+\sigma}{\mathrm{E}}\left[\frac{\partial\psi}{\partial z} - 2(1-\sigma)\nabla^2\psi_3\right],$$

où

$$\psi = \cos\theta\frac{\partial\psi_1}{\partial r} - \frac{1}{r}\sin\theta\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta} + \sin\theta\frac{\partial\psi_2}{\partial r} + \frac{1}{r}\cos\theta\frac{\partial\psi_2}{\partial\theta} + \frac{\partial\psi_3}{\partial z},$$

les fonctions ψ_1, ψ_2 et ψ_3 satisfont à l'équation

$$\nabla^2\nabla^2\psi_m = 0 \qquad (m = 1, 2, 3);$$
$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

En considérant l'équilibre d'un cylindre élastique creux, nous pouvons représenter les fonctions ψ_m de la manière suivante :

$$\begin{aligned}(10)\quad \psi_1 = f_1(r,\theta,z) &+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\cos(n+1)\theta\cos\beta_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{B}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\sin(n+1)\cos\beta_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{C}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\cos(n+1)\theta\sin\gamma_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{D}_{kn}\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\sin(n+1)\theta\sin\gamma_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_n ir)\cos(n-1)\theta\cos\beta_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{B}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\sin(n-1)\theta\cos\beta_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{C}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\cos(n-1)\theta\sin\gamma_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{D}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\sin(n-1)\theta\sin\gamma_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}''_{kn} r\,\mathrm{K}_n(\beta_k ir)\cos(n+1)\theta\cos\beta_k z + \ldots\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}'''_{kn} r\,\mathrm{K}_n(\beta_k ir)\cos(n-1)\theta\cos\beta_k z + \ldots,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(11)\quad \psi_2 = f_2(r,\theta,z) &+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\sin(n+1)\theta\cos\beta_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{B}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\cos(n+1)\theta\cos\beta_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{C}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\sin(n+1)\theta\sin\gamma_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{D}_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\cos(n+1)\theta\sin\beta_k z\\
&- \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\sin(n-1)\theta\cos\beta_k z - \Sigma\Sigma\,\mathrm{B}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\cos(n-1)\theta\cos\beta_k z\\
&- \Sigma\Sigma\,\mathrm{C}'_{kn} r\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\sin(n-1)\theta\sin\gamma_k z - \Sigma\Sigma\,\mathrm{D}'_{kn}\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\cos(n-1)\theta\sin\gamma_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}''_{kn} r\,\mathrm{K}_n(\beta_k ir)\sin(n+1)\theta\cos\beta_k z + \ldots\\
&- \Sigma\Sigma\,\mathrm{A}'''_{kn} r\,\mathrm{K}_n(\beta_k ir)\sin(n-1)\theta\cos\beta_k z - \ldots,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(12)\quad \psi_3 = f_3(r,\theta,z) &+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{F}_{kn}\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\cos n\theta\sin(\beta_k z) + \Sigma\Sigma\,\mathrm{G}_{kn}\,\mathrm{J}_n(\beta_k ir)\sin n\theta\sin(\beta_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{H}_{kn}\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\cos n\theta\cos\gamma_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{L}_{kn}\,\mathrm{J}_n(\gamma_k ir)\sin n\theta\cos\gamma_k z\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{F}_{kn} r\,\mathrm{J}_{n+1}(\beta_k ir)\cos n\theta\sin\beta_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{G}'_{kn} r\,\mathrm{J}_{n+1}(\beta_k ir)\sin n\theta\sin(\beta_k z)\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{H}'_{kn} r\,\mathrm{J}_{n+1}(\gamma_k ir)\cos n\theta\cos\gamma_k z + \Sigma\Sigma\,\mathrm{L}'_{kn} r\,\mathrm{J}_{n+1}(\gamma_k ir)\sin n\theta\cos(\gamma_k r)\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{F}''_{kn}\,\mathrm{K}_n(\beta_k ir)\cos n\theta\sin(\beta_k z) + \ldots\\
&+ \Sigma\Sigma\,\mathrm{F}'''_{kn} r\,\mathrm{K}_{n+1}(\beta_k ir)\cos n\theta\sin(\beta_k z) + \ldots.\end{aligned}$$

J_n et K_n sont les fonctions de Bessel du premier et du second genre.

S'il est question d'une poutre cylindrique f_1, f_2, f_3 dépendent de la charge et des conditions assignées aux extrémités, les valeurs de β_k et γ_k dépendent de mêmes conditions. Quand, par exemple, les extrémites sont librement appuyées, il faut poser $\beta_k = (2_{k-1})\pi/l$ et $\gamma_k = 2_k\pi/l$, où l est la longueur de la poutre (l'origine des coordonnées est prise au milieu du cylindre), k est un nombre entier. Sur la surface intérieure, de même que sur la surface extérieure du cylindre (avec $r = a$ et $r = b$) $\widehat{rr}$, $\widehat{rz}$ et $\widehat{r\theta}$ doivent prendre les valeurs assignées, les dérivées relatives de f_1, f_2 et f_3 et les expressions des tensions assignées à la superficie, doivent être décomposées en double série par les fonctions trigonométriques de θ et les fonctions trigonométriques de z.

La solution exposée est la solution générale du problème de l'équilibre d'un cylindre élastique circulaire, soumis à la flexion par des forces appliquées à la superficie, à l'extension longitudinale par des tensions tangentielles $\widehat{rz}$ appliquées à la surface ou par des tensions normales $\widehat{zz}$ appliquées aux extrémités ou soumis à la torsion par les tensions $r\theta$ appliquées à la surface ou par $\widehat{\theta z}$ appliquées aux extrémités.

β_k et γ_k, dépendant des forces agissantes, peuvent prendre des valeurs réelles ou imaginaires.

Lorsqu'il s'agit d'un cylindre creux plein, n est un nombre entier.

La solution exposée ci-dessus peut être appliquée à la flexion d'une partie du cylindre circulaire, limitée par deux surfaces cylindriques concentriques des rayons a et b, et par deux plans $\theta = \pm a$, se coupant le long de l'axe du cylindre, et posée librement sur les appuis $\theta = \pm \alpha$; dans les termes contenant $\cos n\theta$, il faut poser $n = (2m - 1)\pi/2\alpha$, et dans les termes contenant $\sin n\theta$, $n = m\pi/\alpha$, où m est un nombre entier.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Influences comparées et réciproques des valeurs individuelles, pour chaque alliage et pour chaque état d'alliage, du module d'élasticité, de la limite élastique et de la densité sur les dimensions des poutres et éléments de charpentes en flexion.* Note de MM. **R. de Fleury**, **H. Portier** et **S. Bensmakrouha**, présentée par M. Mesnager.

Cette Note résulte des travaux entrepris avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique, en vue de déterminer les conditions d'emploi

des alliages de magnésium. Les notations sont les mêmes que celles d'une Note précédente (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 361).

Les formules et abaques nombreux et complexes du cas général peuvent être simplifiés dans l'application, et remplacés par des formules simples et un seul abaque, moyennant des approximations légitimes dans les cas extrêmes où les voilements globaux entrent ou non en ligne de compte (I_h petit par rapport à I_v; I_h et I_v du même ordre de grandeur).

Nous donnons ci-dessous les résultats relatifs aux cas particuliers courants, d'une part dans le cas de la surcharge seule, d'autre part dans le cas de la charge propre seule où P est remplacé par ΩD, le rapport des densités étant : $\delta = D'/D$.

1° *Cas de surcharge seule.* — *a*. Transposition des poutres à parois minces ondulées ou en caissons à moment d'inertie I_h petit par rapport à I_v, cas où la condition de stabilité tend à dominer et où les rapports du dimensionnement des sections ne sont pas liés rigidement :

$$\varepsilon^4 = \frac{1}{\eta\mu}, \qquad \sigma = \frac{1}{\sqrt{\eta\varepsilon}}, \qquad \theta = \frac{\eta}{\mu}, \qquad \frac{\Omega'}{\Omega} = \sigma\varepsilon.$$

b. Transposition des poutres tubulaires à parois minces : cas où la condition de stabilité toujours surabondante peut être négligée en dehors de la condition d'épaisseur locale, laquelle existe dans tous les cas :

$$\varepsilon^3 = \sqrt[4]{\frac{1}{\eta^3\mu^3}}, \qquad \sigma = \theta = \sqrt[8]{\frac{\mu}{\eta^3}}, \qquad \frac{\Omega'}{\Omega} = \sigma\varepsilon.$$

c. Transposition des profilés concentrés transversalement sur la fibre neutre et à I_h petit par rapport à I_v : cas où les rapports θ et ε des dimensions transversales sont rigidement liés et égaux, fonction de la loi d'épaisseur :

$$\sigma = \sqrt[8]{\frac{\mu}{\eta^3}}, \qquad \varepsilon = \theta = \sqrt[4]{\frac{1}{\eta\mu}}, \qquad \frac{\Omega'}{\Omega} = \sqrt[8]{\frac{1}{\mu\eta^5}}.$$

2° *Cas de la charge propre seule :*

(*a*) $$\varepsilon^3 = \frac{\delta^2}{\eta^2\mu}, \qquad \sigma = \frac{\delta}{\eta}, \qquad \theta = \frac{\eta}{\mu}, \qquad \left(\frac{\Omega'}{\Omega}\right)^3 = \frac{\delta^5}{\eta^5\mu},$$

(*b*) $$\varepsilon^3 = \frac{\delta^2}{\eta^2\mu}, \qquad \sigma = \theta = \frac{\delta}{\eta}, \qquad \frac{\Omega'}{\Omega} = \varepsilon\theta,$$

(*c*) $$\sigma = \frac{\delta}{\eta}, \qquad \theta^3 = \frac{\delta^2}{\eta^2\mu}, \qquad \left(\frac{\Omega'}{\Omega}\right)^3 = \frac{\sigma^5}{\mu}.$$

Les formules sont établies pour la valeur particulière $x=2$ du cas général, valeur pour laquelle les enveloppes ou parois sont appelées à subir localement, sous l'effet de sollicitations externes, des déformations transversales partielles, qui peuvent être tolérées proportionnelles aux rayons de giration considérés comme bras de levier de leur équilibre interne.

Les formules précédentes ont été établies de façon à conserver le *même taux de sécurité avec allègement maximum* au cours des transpositions constructives; mais l'emploi rationnel des métaux légers peut être orienté d'une façon non moins efficace *vers l'accroissement considérable de la sécurité à poids égal de métal lourd*, et les marges de cet accroissement peuvent en être définies pour chaque alliage nouveau par les formules des similitudes mécaniques d'où dérive notre méthode.

La deuxième voie présente de vastes possibilités quelque peu méconnues des bureaux d'études.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le champ électromagnétique de l'onde lumineuse.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous allons chercher à développer un peu une idée que nous avons émise dans une Note récente [1], sans nous dissimuler ce que les considérations qui suivent ont encore de vague et d'incomplet.

Nous admettrons que le photon est lié à une onde Ψ à quatre composantes obéissant aux équations de Dirac :

$$(1) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\Psi_k}{\partial t} = \alpha_1\frac{\partial\Psi_k}{\partial x} + \alpha_2\frac{\partial\Psi_k}{\partial y} + \alpha_3\frac{\partial\Psi_k}{\partial z} \qquad (k=1,2,3,4),$$

où les α sont les matrices bien connues, et nous définirons les champs électromagnétiques $\vec{h}$ et $\vec{H}$ associées au photon par les formules

$$(2) \qquad h_x = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^*\alpha_1\alpha_4\Psi_k\ldots, \qquad H_x = ib\sum_{1}^{4}{}_k \Psi_k^*\alpha_2\alpha_3\alpha_4\Psi_k,$$

avec permutation circulaire de α_1 α_2 et α_3. La quantité réelle b joue pour le photon le rôle du magnéton de Bohr pour l'électron sans lui être nécessai-

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 536. Dans cette Note, nous avons désigné par $\vec{J}$ et $\vec{I}$ les grandeurs que nous nommons ici $\vec{h}$ et $\vec{H}$.

rement égale en valeur numérique. Il faut bien distinguer l'onde Ψ du photon, qui a quatre composantes et satisfait à l'équation (1), de l'onde électromagnétique correspondante définie par (2).

Le photon est susceptible d'états de mouvements de translation stables qui correspondent aux solutions planes et monochromatiques (fonctions propres) de l'équation (1). Toute onde Ψ peut être représentée par une superposition d'ondes planes monochromatiques et les expressions (2) des champs se décomposent en termes provenant de la combinaison de deux composantes monochromatiques. L'onde électromagnétique lumineuse classique de fréquence ν s'obtient par la combinaison de deux ondes Ψ planes et monochromatiques, de même direction et de fréquences ν_m et ν_n telles que $\nu = \nu_m - \nu_n$. La fréquence d'une onde lumineuse serait donc reliée aux énergies de deux états stables du photon par la loi des fréquences de Bohr. Ainsi, dans notre manière de voir, le rapport entre les ondes Ψ du photon et les champs de l'onde électromagnétique associée serait le même que celui qui existe en Mécanique ondulatoire entre les ondes Ψ de l'électron et les éléments de matrice d'Heisenberg et Schrödinger.

D'autre part, pour retrouver les lois classiques des interférences dans notre hypothèse, il semble nécessaire d'admettre le postulat suivant : « les franges brillantes et les franges noires coïncident respectivement avec les maxima et les minima du champ électrique $\vec{h}$ défini par (2) ». C'est en somme ce que l'on admet dans l'interprétation classique des interférences. On peut donc penser que, dans une théorie cohérente, ce seraient les grandeurs (2) (ou plutôt sans doute leurs carrés) qui détermineraient les probabilités d'échanges d'énergie entre photon et matière. La probabilité pour qu'un photon passe d'un état d'énergie E_n à un état d'énergie inférieure E_m en cédant à la matière le quantum $h\nu = E_n - E_m$, serait déterminée par celles des grandeurs du type (2) qui correspondent à la combinaison des états E_n et E_m et présentent la fréquence ν. Ce sont, à une intégration près, des éléments de matrice correspondant à la transition $E_n \rightarrow E_m$ [1].

Notons encore deux points. D'abord les grandeurs (2) n'obéissent pas en général aux équations de Maxwell pour le vide, mais ce n'est peut-être pas là une objection insurmontable. Ensuite notre théorie introduit automatiquement un « spin » du photon d'une manière qui paraît satisfaisante.

---

[1] Un cas sans doute très important est celui où $E_m = 0$.

Tandis que la théorie quantique des champs de MM. Heisenberg et Pauli considère les champs comme des « observables » au sens de Dirac et les représente par des grandeurs non commutables, nous sommes conduits à les assimiler à des éléments de matrice espérant ainsi rétablir entre la théorie du photon et celle de l'électron une symétrie conforme aux tendances initiales de la Mécanique ondulatoire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie quantique de la diffusion des électrons*. Note de M. L. **Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

On sait que les processus de choc des électrons contre des atomes ou molécules se manifestent directement par la diffusion des électrons incidents sur ces systèmes. La diffusion est *inélastique* ou *élastique* suivant qu'au cours du processus il y a ou non échange d'énergie entre le diffuseur et l'électron, plus exactement, suivant qu'il y a, ou non, changement d'états du diffuseur.

Dans les diverses études théoriques consacrées à ce problème de diffusion, on s'est borné jusqu'à présent à décrire le processus dans un système de référence lié au noyau de l'atome diffuseur (ou à la molécule). Cette manière de traiter le problème est approximative et dans une théorie plus complète on doit se servir d'un système de référence au repos où se meuvent et le diffuseur et l'électron. Dans ce dernier système, le processus se dédouble. L'un des processus partiels correspond au choc *interne*, celui que l'on étudie dans un système de référence lié au diffuseur. Il est le processus prédominant et dépend essentiellement de la structure interne du diffuseur. Le deuxième processus correspond au choc *externe*, au choc cinétique du diffuseur et de l'électron. Il est clair que ce processus ne dépend qu'indirectement de la structure du diffuseur par l'intermédiaire du choc interne. Il résulte nécessairement de l'échange d'énergie cinétique et de quantité de mouvement entre les deux systèmes dynamiques en collision, conformément aux théorèmes de conservation classique. Nous voudrions esquisser brièvement, dans cette Note, le rôle du choc externe dans la théorie de la diffusion des électrons par les atomes.

Dans un système de référence au repos, la fonction d'onde de l'ensemble formé par le centre de gravité de l'atome, l'atome et l'électron incident se présente, avant et après le processus, sous la forme d'un produit des fonctions d'onde individuelles. Comme, en outre, le centre de gravité de l'atome,

que nous supposerons confondu avec son noyau, n'est pas couplé à l'électron incident, il est permis de considérer respectivement le centre de gravité de l'atome et le système formé par l'atome (les électrons de l'atome) et l'électron incident. On aura alors pour la fonction d'onde du système total, au facteur de phase près, aux états initial et final, respectivement,

$$(1) \qquad \begin{cases} \Psi_i\left(\vec{\rho}, \vec{p}_i;\ \vec{\rho}-\vec{r}_\varepsilon;\ \vec{\rho}-\vec{R}_e,\ \vec{P}'\right) = \varphi\left(\vec{\rho}, \vec{p}_i\right)\psi\left(\vec{r};\ \vec{R},\ \vec{P}'\right), \\ \Psi_f\left(\vec{\rho}, \vec{p}_f;\ \vec{\rho}-\vec{r}_\varepsilon;\ \vec{\rho}-\vec{R}_e,\ \vec{P}''\right) = \varphi\left(\vec{\rho}, \vec{p}_f\right)\psi\left(\vec{r};\ \vec{R},\ P''\right), \end{cases}$$

où $\vec{\rho}$ désigne le rayon vecteur du noyau (centre de gravité), $\vec{\rho}-\vec{r}_\varepsilon=\vec{r}$ et $\vec{\rho}-\vec{R}_e=\vec{R}$ ceux des électrons atomique et incident (l'atome étant hydrogénoïde) par rapport à un système lié au noyau. $\vec{p}_i$, $\vec{p}_f$, $\vec{P}'$ et $\vec{P}''$ désignent les vecteurs quantité de mouvement de l'atome et de l'électron incident, avant et après le processus. On sait que la probabilité du processus cherchée est proportionnelle au carré du module de l'élément de matrice de l'énergie de couplage de l'atome et de l'électron incident, s'appuyant sur les deux états intéressés dans le processus. Nous appliquons ici la théorie de Born et Dirac. Cet élément de matrice se trouve défini par

$$\begin{aligned} (2) \qquad V_{fi} &= \int \overline{\Psi}_f V\left(\vec{r}, \vec{R}\right)\Psi_i\, d\tau_\rho\, d\tau_r\, d\tau_R \\ &= \int \overline{\varphi}\left(\vec{\rho}, \vec{p}_f\right)\varphi\left(\vec{\rho}, \vec{p}_i\right) d\tau_\rho \int \overline{\psi}\left(\vec{r};\ \vec{R},\ \vec{P}''\right) V \psi\left(\vec{r};\ \vec{R},\ P'\right) d\tau_r\, d\tau_R \\ &= V_{fi,E}\, V_{fi,I}. \end{aligned}$$

où $V_{fi,E}$ désigne l'élément de matrice relatif au choc externe et $V_{fi,I}$ celui relatif au choc interne et que nous avons étudié en détail [1], particulièrement pour des électrons incidents de grande énergie.

Il est clair qu'on peut représenter le mouvement de l'atome avant et après le processus par une onde plane de de Broglie, de sorte que $V_{fi,E}$ se présente sous une forme analogue à celle d'une intégrale de normalisation des ondes planes ou mieux des différentielles propres qui leur correspondent. Si l'on désigne par N_i et N_f les facteurs de normalisation de ces ondes avant et après le processus, on trouve [2]

$$(3) \qquad V_{fi,E} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{N_i N_f}{\left|\vec{P}_i - \vec{P}_f\right|}.$$

---

[1] L. Goldstein, *Thèses*, 1932, Masson et Cie, éditeurs.

[2] A. Sommerfeld, *Ann. Physik*, 5e série, 11, 1932, p. 257.

Or, le gain de quantité de mouvement de l'atome est égal approximativement à la perte de quantité de mouvement de l'électron dans le système de référence lié à l'atome et définie par

(4) $$P^2 = P'^2 + P''^2 - 2P'P''\cos\theta,$$

θ désignant l'angle de diffusion; on voit que le choc externe contribue à la diffusion par le facteur

(5) $$|V_{fi,E}|^2 = \frac{\pi(N_i N_f)^2}{2(P'^2 + P''^2 - 2P'P''\cos\theta)}$$

qui décroît depuis $\theta = 0$ à $\theta = \pi$ dans le rapport $(P' - P'')^2/(P' + P'')^2$.

La diffusion inélastique $(|\vec{P}'| \neq |\vec{P}''|)$ des électrons aux grands angles est plus petite déjà dans la théorie correspondant au choc interne seul comme une inspection de nos formules (¹) indique si l'on tient à la formule plus rigoureuse (4) dans leur interprétation. Cette diminution se trouve encore accentuée dans la théorie complète suivant la formule (5).

Dans le cas de la diffusion *élastique*, le facteur provenant du choc externe sera

(6) $$|V'_{fi,E}|^2 = \frac{\pi(N_i N_f)^2}{8P'^2\sin^2\frac{\theta}{2}}$$

montrant qu'ici aussi la diffusion aux grands angles se trouve réduit comme dans le cas de la diffusion inélastique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Mesure directe de la pression superficielle des solutions superficielles formées par des substances solubles.* Note de MM. **André Marcelin** et **D. G. Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

Exposé. — Il résulte des travaux de M. Jean Perrin sur les lames de savon (²) et de M. André Marcelin sur les solutions superficielles de la paratoluidine (³) que la couche surconcentrée de Gibbs qui surnage une solution est une phase distincte de la phase solution : cette phase est une solution superficielle de la substance dissoute, qui ne diffère en rien des

(¹) *Loc. cit.*, formule (108), p. 64.
(²) J. Perrin, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 10, 1918, p. 180 et suiv.
(³) A. Marcelin, *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, 4, 1925, p. 517.

solutions superficielles que forment sur l'eau les corps insolubles tels que l'acide oléique (couches dites monomoléculaires).

Nous avons imaginé une méthode qui permet l'étude directe de l'état instantané d'une solution superficielle d'un corps soluble, surnageant une solution de ce même corps, et de mesurer la pression superficielle instantanée de cette solution superficielle. Nous nous proposons en appliquant cette méthode d'aborder l'étude de l'équilibre solution-solution superficielle.

Technique et étalonnage par des solutions superficielles de corps insolubles. — Ayant formé sur l'eau un film monomoléculaire et l'ayant saupoudré de talc, si l'on souffle normalement à la surface au moyen d'un tube terminé par un ajutage effilé, il apparaît un cercle exempt de talc, et par conséquent dépourvu de molécules étrangères à l'eau, dont le diamètre reste constant tant que la pression du jet d'air ne varie pas. En éclairant convenablement et en prenant la précaution de poser la cuve de verre sur un fonds de papier noir, le cercle est rendu encore plus visible : il se détache alors en noir sur le reste de la surface saupoudré de talc.

Le contour du cercle formant une figure d'équilibre entre la pression centrifuge du jet d'air et la force d'expansion du film, il semble évident que son diamètre est fonction, d'une part, de la pression du jet d'air et, d'autre part, de la pression superficielle du film à la surface de l'eau.

Une étude systématique nous a permis de constater expérimentalement les faits suivants :

1° Pour un même ajutage, la pression superficielle du film et la pression du jet d'air restant constantes, le diamètre du cercle reste, dans d'assez larges limites, indépendant de la distance entre l'orifice du tube et la surface : un écart de 1 à 2^{cm} n'amenant aucune variation.

2° Pour une pression superficielle donnée, la courbe des diamètres des cercles en fonction des pressions du souffle passe à peu près par l'origine. Elle est rectiligne sur une grande partie et ne commence à s'infléchir vers l'axe des pressions, que lorsque celles-ci dépassent une certaine valeur variant d'ailleurs avec l'ajutage employé. L'ensemble des courbes correspondant aux différentes pressions superficielles constitue donc un faisceau de droites divergeant de l'origine.

3° Pour une pression fixe du jet d'air, les différentes valeurs du diamètre du cercle en fonction de la pression superficielle se placent sur des courbes d'allure hyperbolique assez régulières.

4° Toutes choses égales d'ailleurs, le diamètre du cercle est fonction de

la section de l'ajutage et croît avec celle-ci, sans qu'il nous soit possible toutefois de formuler une relation simple.

Dans ces conditions, il nous a été facile d'étalonner toute une série de tubes avec des diamètres d'orifice variant de 0,12 à 3^{mm} et permettant de mesurer des pressions superficielles allant de 0,03 à 20 dynes/cm. Il est évident que chaque ajutage ne peut servir que pour des pressions superficielles et des pressions de souffle ne variant qu'entre certaines limites, assez larges d'ailleurs pour permettre d'effectuer des recoupements.

Les pressions de l'air insufflé, mesurées au moyen d'un manomètre à eau, s'échelonnent entre 2 et 15^{cm}. Pour les diamètres, on s'est limité aux valeurs extrêmes de 0^{cm},4 et 4^{cm}.

Les pressions superficielles étaient mesurées directement au moyen de l'appareil de André Marcelin ([1]) perfectionné par M. J. Guastalla ([2]).

Les mesures ont été faites simultanément par les deux méthodes sur un même film d'acide oléique ou de trioléine employés concurremment. Bien que la surface du cercle soit négligeable par rapport à celle du film, il a été néanmoins tenu compte des modifications apportées à l'aire de la surface.

On a pu ainsi dresser des courbes de correspondance entre les diamètres des cercles obtenus dans des conditions expérimentales déterminées et les pressions superficielles des films repoussés par les jets d'air. Il sera possible, en se reportant à ces courbes, de connaître les pressions superficielles de solutions superficielles qu'on soumettrait à l'épreuve du souffle vertical. Ce qui vient d'être exposé sur les caractéristiques de la méthode rend inutile un excès de précision dans les mesures de diamètres. Il suffit, en effet, d'éliminer les écarts dans les deux sens en traçant la droite suivant laquelle s'alignent en moyenne les points obtenus pour différentes valeurs de la pression du souffle.

Avec notre appareillage, plutôt rudimentaire, il nous a été possible d'effectuer des mesures de pressions superficielles avec des erreurs relatives ne dépassant pas 5 pour 100 et restant pour beaucoup de cas inférieures à 2 pour 100. Quelques perfectionnements ne peuvent manquer de donner une précision beaucoup plus grande.

Application à l'étude des solutions superficielles des corps solubles. — La méthode qui vient d'être décrite est susceptible d'être employée pour l'étude des films de substances solubles. Elle permet de mettre en évidence

---

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 502, et *Ann. de Phys.*, 10e série, 4, 1925, p. 480.
([2]) Guastalla, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 241.

la solution superficielle du corps soluble et de mesurer *directement* sa pression instantanée en se reportant aux courbes de correspondance ci-dessus mentionnées.

OPTIQUE. — *Sur le pouvoir réflecteur des métaux en lames très minces.* Note de M. **P. Rouard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Au cours d'études sur la variation de phase par réflexion métallique, j'ai été amené à déterminer le pouvoir réflecteur de lames métalliques très minces.

Une telle lame est obtenue par projection cathodique sur une face d'un prisme de verre de 2 à 3°. Les épaisseurs de métal sont déterminées en pesant, avant et après la projection, une lamelle couvre-objet de microscope, métallisée en même temps et dans les mêmes conditions que le prisme. Les pesées sont faites avec une microbalance sensible au millième de milligramme. Elles permettent de déterminer l'épaisseur de métal à 2 ou 3 dixièmes de millimicron près. Des mesures préliminaires faites sur l'argent ont montré que les résultats donnés par cette méthode concordent parfaitement avec ceux des autres méthodes classiques de détermination des épaisseurs (Fizeau, Wernicke, etc.).

Le pouvoir réflecteur du métal au contact du verre en réflexion normale est obtenu au moyen du dispositif suivant : Une source lumineuse, arc au mercure diaphragmé, est placée au foyer d'une lentille. Des filtres permettent d'opérer en lumière monochromatique. Le faisceau lumineux ainsi obtenu traverse la lame prismatique en entrant par la face nue, tombe normalement sur la face arrière métallisée, revient sur lui-même, se réfléchit sur une lame inclinée à 45° sur l'axe du faisceau et pénètre dans un appareil photographique. On peut ainsi photographier la face métallisée sans que la lumière réfléchie sur la face avant ne gêne l'opération. Une bande de métal a été enlevée sur la lame prismatique de telle sorte que la réflexion dans le verre sur l'air qui s'effectue en cet endroit sert de base de comparaison. Le cliché obtenu est étudié par les méthodes classiques de photométrie photographique.

Les résultats pour l'or sont résumés dans le tableau suivant qui donne le pouvoir réflecteur du métal au contact du verre en fonction de l'épaisseur et de la longueur d'onde, le pouvoir réflecteur verre-air étant pris pour unité.

Épaisseurs de métal (en mμ).	5780 A.	5461 A.	4358 A.
0	1	1	1
0,5	0,94	0,94	0,86
1	0,74	0,72	0,66
1,4	0,52	0,50	0,50
1,8	0,30	0,20	0,38
2,3	0,14	0,09	0,28
2,7	0,10	0,56	0,22
3	0,12	0,05	0,17
5,2	0,52	0,21	0,05
6,2	1	0,44	0,12
7,3	2,20	1	0,28
10,4	5,20	3,20	1

Il suffit de multiplier tous ces nombres par 0,04 pour avoir les valeurs absolues.

Ce tableau montre que le pouvoir réflecteur pour la réflexion dans le verre sur le métal passe, pour chaque longueur d'onde, par un minimum extrêmement faible puisqu'il peut atteindre la valeur 0,002.

Ce minimum se produit pour une épaisseur d'autant plus grande que la longueur d'onde est plus petite. Il en résulte qu'un faisceau de lumière blanche qui a subi une réflexion dans le verre sur le métal présente pour ces très faibles épaisseurs des colorations variées.

Voici, pour l'or et l'argent, ces colorations et les épaisseurs de métal correspondantes.

Or.	mμ	*Argent.*	mμ
Rouge violacé	1,5	Jaune clair	1
Indigo	2	Jaune d'or	2,1
Bleu	2,7	Jaune orangé	3,2
Vert	3,2	Orangé rougeâtre	4,3
Vert jaunâtre	4	Pourpre	5,2
Jaune d'or	>4	Bleu indigo	6
		Les couleurs disparaissent	7

Les mêmes phénomènes se produisent avec le platine mais les couleurs sont plus pâles, car la position des minima varie moins avec la longueur d'onde.

Il en résulte aussi que si l'on métallise une lame de verre à faces planes et parallèles, les anneaux à l'infini qu'elle donne, soit par réflexion soit par transmission, disparaissent avec chaque longueur d'onde pour une certaine épaisseur de métal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le coefficient de température de résistivité électrique du silicium et un phénomène thermo-électrique des substances unipolaires.* Note de M. **Ch. Bedel**, présentée par M. A. Béhal.

Le coefficient de température de la résistivité électrique du silicium est généralement considéré comme négatif. Cependant quelques auteurs pensent qu'il doit être positif.

Au cours de recherches sur ce sujet nous avons remarqué que si l'on relie par un conducteur les deux extrémités d'un fragment de silicium chauffé à température constante, il se produit un courant électrique.

Déjà Fritz Regler ([1]) avait signalé un fait analogue avec la galène maintenue sous pression entre des électrodes. Il l'avait attribué à des actions piézo-électriques et thermiques.

Il semble que ce phénomène soit une propriété générale des substances unipolaires. Avec la galène, la pyrite, le carborundum, nous avons aussi observé des différences de potentiel ainsi que le montre le tableau suivant :

Substances.	Température de chauffe.	Millivolts.
Silicium pur : fragments	100°	0,4
» : cristal	330	3,6
Silicium à 91,5 pour 100	330	1,4
Galène	150	0,4
»	330	6,0
Pyrite	330	0,4
Carborundum	330	1,4

La différence de potentiel est fonction de la température, mais le sens du courant ne s'inverse pas par refroidissement.

Sur les causes de l'existence de ce courant nous avons établi avec le silicium les faits suivants : Il n'est pas dû à un phénomène d'induction : il se produit aussi bien lorsqu'on chauffe par courant continu que par courant alternatif ou même dans la vapeur d'eau. Il ne peut être attribué à une action chimique, une oxydation par exemple, parce qu'il a lieu dans une atmosphère d'azote ou d'hydrogène au-dessous de 100°. La différence de potentiel ne résulte pas d'un effet piézo-électrique puisqu'on l'observe encore si les extrémités du silicium sont mises simplement en

---

([1]) Fritz Regler, *Physik. Zeitschr.*, **31**, 1930, p. 168.

contact avec deux surfaces de mercure, ce qui exclut l'existence de toute pression notable. Elle n'est pas due à une différence de température entre les deux extrémités de l'échantillon : elle se produit, en effet, encore avec un simple cristal placé au centre d'un four dont la température est maintenue constante pendant une heure.

Par contre, le phénomène se remarque toujours lorsqu'il existe des contacts imparfaits entre l'échantillon et les électrodes comme c'est le cas général pour les substances unipolaires. Nous l'avons même observé avec un cylindre de cuivre légèrement oxydé. Après réduction, au contraire, le métal chauffé dans l'azote ou l'hydrogène ne manifestait plus aucune différence de potentiel à ses extrémités.

Il semble qu'on puisse expliquer l'existence du courant en faisant intervenir uniquement l'effet Seebeck et les propriétés détectrices des substances unipolaires. Nous avons indiqué déjà que les contacts silicium électrodes se comportent comme des diélectriques au point de vue de la conductibilité électrique [1]. Il se forme à chaque extrémité des échantillons des couples suivant l'effet Seebeck. Ceux-ci fournissent des courants égaux mais de sens contraire. Le pouvoir redresseur du système, dû à l'existence du phénomène diélectrique, assure la prédominance de l'un des courants. C'est précisément cette différence que l'expérience fait constater.

Nous avons toujours observé cet effet thermo-électrique au cours de nos recherches sur le coefficient de température du silicium fondu, bien que nous ayons réalisé des contacts qui suivaient la loi d'Ohm à la température ordinaire. Il en résulte qu'on ne peut faire des mesures exactes de ce coefficient parce que trois actions se superposent : l'effet thermo-électrique, la conductibilité du diélectrique aux contacts et enfin la conductibilité du silicium lui-même.

En utilisant des fragments compacts de silicium qui ne renfermaient que 0,1 pour 100 de fer nous avons trouvé que la résistivité du système silicium électrodes va sans cesse en décroissant régulièrement depuis la température ordinaire jusqu'à 400°, sans qu'on puisse remarquer de discontinuité dans le phénomène.

Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Kœnigsberger et Schilling [2] qui ont indiqué à 215° une augmentation subite de la résistivité, ce qui a fait croire à ces auteurs à la formation d'une variété allotropique.

---

(1) Ch. Bedel, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 802.

(2) Kœnigsberger et Schilling, *Ann. der Phys.*, 4e série, **32**, 1910, p. 179.

Au contraire, avec du silicium contenant 1,8 pour 100 de fer, nous avons observé un minimum vers 210°. A température plus élevée le coefficient devient positif.

Ces faits sont en accord avec les constatations de Schulze (¹). Un silicium industriel et l'échantillon même que Kœnigsberger et Schilling avaient utilisé lui ont fourni un coefficient d'abord négatif qui changeait de signe vers 200°. Avec un silicium très pur en fragments, ce même auteur a, comme nous, observé un coefficient négatif; alors que les expérimentateurs, qui ont utilisé des produits contenant au moins 1 pour 100 de fer, ont toujours trouvé des coefficients positifs.

Ainsi il ne nous semble pas possible d'indiquer quantitativement la valeur du coefficient de température du silicium à cause de l'existence de phénomènes diélectriques et thermiques, mais on peut toutefois affirmer que ce coefficient est négatif pour le produit fondu.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sel de calcium d'un acide complexe ferrophosphorique.* Note de MM. **A. Sanfourche** et **B. Focet**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il existe des acides complexes dérivés de phosphates acides de fer, dans lesquels ce métal fait partie de l'anion : Dede (²) a préparé un acide diphosphatoferrique $Fe(PO^4)^2H^3.2,5H^2O$, ayant la composition du phosphate diferrique; Weinland et Ensgaber (³) ont étudié divers sels d'un acide triphosphatoferrique, non isolé $Fe(PO^4)^3H^6$, correspondant au phosphate monoferrique. Ces deux acides ont un seul atome d'hydrogène salifiable.

On constate la formation d'un sel de calcium du premier d'entre eux dans les circonstances suivantes : si l'on part d'une solution concentrée de phosphate monocalcique additionnée d'acide phosphorique, et qu'on y introduise des quantités croissantes de phosphate triferrique, l'acide phosphorique libre commence par diminuer, puis demeure constant, malgré les additions successives de phosphate triferrique, jusqu'au moment où ce sel refuse d'entrer en solution. C'est ainsi qu'une acidité initale de 5,6 PO^4H^3 pour 100 descend d'abord jusqu'à 1,8-2 pour 100, puis ne varie plus. Pour

(¹) Schulze, *Physik. Zeitschr.*, 31, 1930, p. 1062.
(²) Dede, *Z. anorg. Chem.*, 125, 1922, p. 48.
(³) Weinland et Ensgaber, *Z. anorg. Chem.*, 84, 1913, p. 340.

expliquer cette stabilisation de l'acidité en dépit d'apports croissants d'un sel basique, il faut admettre que celui-ci entre en combinaison avec le phosphate monocalcique pour former un diphosphatoferrate de calcium, réaction qui a lieu sans modification d'acidité :

$$(PO^4)^2H^4Ca + 2PO^4Fe \rightarrow [Fe(PO^4)^2H^2]^2Ca.$$

La solution de ce sel complexe se comporte d'une façon toute particulière : d'abord limpide et fluide, elle manifeste bientôt une opacité et une viscosité qui vont croissant, puis elle se prend entièrement en gel. Tout d'abord, ce gel paraît amorphe et homogène, le microscope n'y révélant, au grossissement de 850, aucune particule cristalline ; puis on commence à apercevoir quelques rares germes très ténus ; ils croissent en nombre et en dimension, si bien qu'après quelque temps, il ne subsiste plus qu'une apparence solide, les cristaux constituant un réseau enrobant une solution. Enfin, ces cristaux se déposent en un précipité insoluble dans l'eau ; l'analyse leur assigne la composition du diphosphatoferrate de calcium, et le fer s'y trouve bien à l'état de complexe, car ils sont parfaitement blancs, et non colorés comme les sels ferriques ; traités par l'ammoniaque à l'ébullition, ils se colorent à peine, tandis qu'un phosphate de fer normal, même insoluble, donnerait dans ces conditions le précipité rouille caractéristique.

Ce sel complexe est toujours souillé d'une petite quantité de phosphate dicalcique, qui se précipite vers la fin de la décomposition du gel, et que l'on reconnaît bien au microscope ; nous avons trouvé, pour $1[Fe(PO^4)^2H^2]^2Ca$, de 0,03 à 0,06 PO^4CaH.

Les transformations signalées se succèdent à une allure extrêmement variable avec les conditions de l'expérience : l'augmentation de proportion de fer, de même que l'élévation de température, accroissent leur rapidité. C'est ainsi que pour 14^g de phosphate triferrique ajoutés à 145^g d'une solution contenant $35^g,4$ de phosphate monocalcique plus $8^g,1$ d'acide phosphorique, la coagulation a lieu presque immédiatement; elle est instantanée, même pour des doses de fer moindres, si l'on porte à 100°, et l'évolution est achevée en 24 heures. Au contraire, avec une proportion de fer inférieure et à la température ambiante, il faut jusqu'à 24 heures pour obtenir la prise en gel, et celui-ci peut persister quelques jours. Enfin, à 0°, les solutions se conservent longtemps sans coagulation, qui se produit lors du retour à une température supérieure.

Il est à noter qu'en dehors de la marche irréversible qui vient d'être décrite, des phénomènes réversibles peuvent prendre place : un gel formé

très rapidement, soit par forte concentration en fer, soit par l'action d'une température à 100°, se résorbe par refroidissement à 0°, sans décomposition ni précipitation; la solution initiale se reforme, et elle n'a pas perdu la capacité de se coaguler de nouveau par réchauffement. L'expérience peut se répéter à plusieurs reprises, tant que le gel ne présente pas d'organisation cristalline.

La stabilité du gel est notablement accrue par la présence de sels d'aluminium : en remplaçant le quart du fer par cet élément, introduit lui aussi sous forme de phosphate tribasique, on peut obtenir des gels persistant pendant une quarantaine de jours à 20°. L'aluminium semble se substituer au fer dans le complexe; cependant, nous l'avons trouvé incapable de provoquer à lui seul les mêmes effets.

Des phénomènes analogues doivent survenir dans les superphosphates industriels : la phase liquide extraite de ces produits par pression énergique se prend presque instantanément en gel si l'on neutralise son acide phosphorique libre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'iodomercurate de potassium.* Note [1] de M. **F. Gallais**, présentée par M. G. Urbain.

Un travail récent [2] a montré que entre 0° et 80° le corps HgI^2, KI, H^2O est le seul qui se trouve en équilibre avec la solution aqueuse de biiodure de mercure dans l'iodure de potassium. Dans les applications à la chimie analytique, c'est, au contraire, la combinaison HgI^2, 2KI, dont on admet aujourd'hui l'existence en solution.

Je me suis proposé de suivre la formation des iodomercurates de potassium pouvant exister en solution par des mesures de conductibilité électrique. L'insolubilité du biiodure de mercure dans l'eau et l'instabilité des complexes formés en présence d'un excès d'ions mercuriques permettent difficilement de réaliser la méthode des variations continues [3]; et je me suis contenté de suivre la variation de conductibilité d'une solution étendue d'iodure de potassium au cours de sa réaction avec une solution de bichlorure de mercure. Cette réaction, proposée pour la première fois par

(1) Séance du 7 novembre 1932.

(2) M. Pernot, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 950.

(3) P. Job, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 928.

Maroseau en 1832, a été utilisée par Personne en 1863, et après lui par de nombreux auteurs pour le titrage soit de l'ion mercurique, soit des iodures alcalins (¹).

La courbe I figure la conductibilité d'une molécule de KI en solution 0,01 moléculaire dans l'eau bidistillée, en fonction des quantités de bichlorure de mercure 0,1 moléculaire qui lui ont été ajoutées. Elle présente un point anguleux α pour l'addition de $0^{mol},22$ de sublimé; et tous les auteurs qui ont utilisé comme indicateur de fin de réaction l'apparition d'un trouble de biiodure de mercure ont constaté également qu'il se produit pour l'addition à une molécule de KI d'un peu moins de un quart de molécule de sublimé.

La courbe II a été obtenue avec une solution 0,01 M de KI dans l'alcool à 20° l'expérience qu'elle traduit m'a été suggérée par le Mémoire où Carles (²) indique que la réaction se régularise dans l'alcool de degré au moins égal à 17°.5. Son point anguleux se trouve reculé jusqu'à l'addition de $0^{mol},25$ exactement de sublimé.

Parmi les hypothèses compatibles avec ce résultat on peut considérer comme probable celle qui exprime la réaction par l'équation

$$\text{(1)} \qquad KI + 0,25\,HgCl^2 = 0,25\,HgI^4K^2 + 0,50\,KCl$$

ou plus exactement par les deux suivantes :

$$2\,KI + HgCl^2 = HgI^2 + 2\,KCl,$$
$$HgI^2 + 2\,KI = HgI^4K^2.$$

La courbe I correspondrait alors à un équilibre

$$\text{(1')} \qquad KI + 0,25\,HgCl^2 \rightleftharpoons 0,25\,HgI^4K^2 + 0,50\,KCl.$$

Les deux courbes présentent d'autre part l'une et l'autre un deuxième point anguleux β pour une nouvelle addition de $0^{mol},25$ de sublimé. Ce point paraît traduire la fin d'une réaction secondaire :

$$\text{(2)} \qquad 0,25\,HgI^4K^2 + 0,25\,HgCl^2 = 0,50\,HgI^2 + 0,50\,KCl.$$

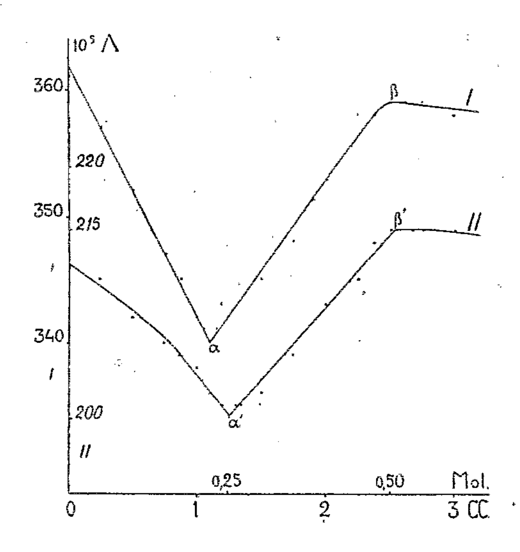
Il semble ainsi que l'iodomercurate de potassium HgI^4K^2 se forme seul et se détruise directement sans que l'iodomercurate HgI^3K apparaisse à aucun moment. L'ion $(HgI^4)^{--}$ serait tout au moins de beaucoup le plus abondant et ce résultat s'accorde avec celui que M. Job (³) a obtenu par la méthode spectrographique.

(¹) M. Maroseau, *J. P. C.*, 18, IV, juin 1832, p. 127; J. Personne, *Comptes rendus*, 56, 1863, p. 951; Denigès, *Traité Chim. anal.*; Kolthoff, *Pharm. Week*, 57, 1920, p. 836.

(²) H. Carles, *J. P. C.*, 6, 1882, p. 227.

(³) P. Job, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1932.

Pour vérifier cette hypothèse on ne peut tirer aucun parti de l'étude potentiométrique de cette réaction (avec électrodes en mercure). Les courbes qui ont d'ailleurs été données (cf. par exemple L. MARICQ, *Ann. Soc. Roy. Sc. méd. et nat.*, Bruxelles,



1931, p. 19) ne peuvent traduire que la fin de la précipitation du mercure au point β selon l'équation globale

(3) $$0,50\,HgCl^2 + KI = 0,50\,HgI^2 + KCl$$

qui résume les équations (1) et (2).

Mais j'ai trouvé pour la conductibilité moléculaire limite de l'iodomercurate de potassium un chiffre comparable à celui d'un sel pouvant donner trois ions. Voici en effet les résultats que j'ai obtenus en solution dans de l'alcool à 20° de conductibilité spécifique 5.10^{-6} environ.

	μ_∞ à 22°.
KCl	87,1
$(HgI^4)K^2$	163
$(SO^4)K^2$	176
$(PO^4)K^3$	207

Enfin, en traitant par le nitrate d'argent la solution d'iodomercurate de potassium dans l'alcool à 20°, j'ai précipité quantitativement un sel répondant à la formule HgI^4Ag^2 (dosage de l'argent à l'état de chlorure d'argent : trouvé pour 100, 23,32; calculé, 23,39).

D'autre part, M. Maricq, en fixant après une étude méthodique les conditions de précipitation des iodomercurates d'alcaloïdes, a montré qu'on

pouvait les obtenir dans un grand nombre de cas sous la forme HgI^2, Alc, IH (*loc. cit.*).

S'il est vrai que l'anion complexe prédominant dans les solutions d'iodomercurate de potassium renferme 4^{at} d'iode, il faut donc admettre que ces solutions peuvent cependant fournir des composés dont l'anion ne renferme que 3^{at} d'iode dissimulés.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'altération des aciers par l'hydrogène.* Note de M. **Léon Jacqué**, présentée par M. G. Charpy.

L'altération exercée sur divers aciers par l'hydrogène chaud sous pression est généralement connue des techniciens qui se sont occupés des synthèses utilisant ce gaz; ils ont été amenés, de ce fait, à choisir, pour l'appareillage, des modes de construction particuliers ou des aciers spéciaux peu altérables.

Cependant on ne trouve guère, dans la littérature scientifique, de données systématiques sur ces phénomènes d'altération : nous avons entrepris d'étudier l'influence de divers facteurs, température, pression et durée d'action de l'hydrogène, sur la constitution chimique et microscopique de l'acier et sur ses propriétés mécaniques. Cette Note concerne quelques observations sur le mécanisme d'une des formes principales de l'altération, à savoir la décarburation, que nous avons suivie par simple examen micrographique des sections droites des échantillons traités, au cours d'essais préliminaires effectués sous une pression uniforme de 150 kg/cm².

1. La modification de la structure micrographique de l'acier soumis à l'action de l'hydrogène paraît être la résultante de deux phénomènes simultanés : d'une part l'élimination du carbone de l'acier par l'hydrogène, au fur et à mesure de sa pénétration progressive, facilitée par une fissuration intercristalline plus ou moins accentuée; d'autre part la diffusion du carbone des régions non encore altérées vers celles qui le sont déjà. Le mécanisme serait donc assez comparable à celui de la cémentation, mais inverse. Ce parallélisme, qui est général, se retrouve en particulier dans la zone de température qui intéresse plus spécialement l'appareillage de synthèse, soit 400-700° environ, où la vitesse de diffusion du carbone est relativement faible. De même que, dans ces conditions, la cémentation donne lieu à la formation d'une couche très carburée superficielle, avec

une zone de transition presque nulle, nous avons observé les phénomènes suivants dans le cas de la décarburation.

Dans un acier perlitique mi-dur (0,4 pour 100 de C), la décarburation fait apparaître une bande de ferrite d'épaisseur croissante à grains assez nettement disjoints. Au contact de cette bande avec la région non encore altérée, on remarque des plages d'ailleurs peu nombreuses d'eutectique en voie de disparition : autrement dit la décarburation se fait à peu près totalement dans une région, avant d'atteindre la région suivante. L'examen micrographique permet de déceler l'existence de cette bande décarburée et sa progression avec le temps. A 500° par exemple, la partie décarburée n'apparait nettement qu'au bout d'une dizaine d'heures de chauffage; elle n'a alors qu'une épaisseur de quelques centièmes de millimètre. Après 20 heures de chauffage la décarburation peut atteindre, en certains points, une pénétration de 1^{mm} environ.

La température joue évidemment un rôle important : quatre échantillons identiques ont été chauffés pendant 2 heures, respectivement à 500, 550, 600 et 650°. Les deux premiers n'apparaissent pas modifiés au microscope; au contraire, la transformation est perceptible ($0^{mm},1$ maximum) en certains points du troisième échantillon et atteint une pénétration de 0,2 à $0^{mm},6$ sur presque toute la périphérie de l'échantillon chauffé à 650°.

2. La composition chimique de l'acier intervient aussi dans l'altérabilité par l'hydrogène. Nous avons constaté, notamment, que pour un acier doux (0,2 pour 100 C) au cuivre, la décarburation, bien que très nette, paraît un peu ralentie. Il est connu et nous avons vérifié que l'altération est fortement atténuée pour les aciers au chrome, à la condition que cet élément atteigne une teneur suffisante et que le métal soit peu carburé. Nous avons constaté, par contre, qu'un acier mi-dur au nickel-chrome (0,4 pour 100 C, 0,7 pour 100 Cr, 3 pour 100 Ni), trempé à l'état de martensite, subit, par chauffage à 500°, une décarburation presque aussi rapide que l'acier mi-dur ordinaire, en même temps qu'une fissuration marquée.

3. Un autre point sur lequel notre attention a été attirée est l'influence de l'écrouissage sur l'attaque par l'hydrogène : nous avons observé que les régions où le métal a subi un écrouissage (raies, marques) sont beaucoup plus sensibles à cette attaque. L'expérience suivante est particulièrement frappante : un échantillon d'acier chrome-nickel (type 0,6 pour 100 C, 1,5 pour 100 Cr, 3 pour 100 Ni) a été chauffé 50 heures dans l'hydrogène, à 500° sous 150^{kg}. Alors que la décarburation apparaît à peine amorcée sur

la périphérie d'une section droite polie et attaquée, de grandes plages décarburées, facilement visibles à l'œil nu, se sont cependant développées autour des points où le métal avait été écroui par simple inscription des marques.

Pour obtenir des résultats numériques comparables dans l'étude des propriétés des aciers soumis à l'altération par l'hydrogène chaud sous pression, il faut donc, à côté des conditions de température, de pression et de débit de l'hydrogène, définir l'échantillon étudié non seulement au point de vue de sa composition chimique, mais encore de sa préparation structurale et mécanique. L'observation insuffisante de cette dernière condition explique que les résultats obtenus jusqu'ici soient difficiles à coordonner.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un complexe argento-guanidinique imparfait.* Note de M. **M. Lesbre**, présentée par M. G. Urbain.

A. W. Hoffmann a montré [1] que le nitrate d'argent précipite au sein des solutions de sels de guanidine un complexe monoiminé $Ag[CN^3H^5]NO^3$; en présence de baryte, Thiele [2] a obtenu le corps CN^3H^5, Ag^2O; dans les deux cas, le précipité est insoluble dans un excès de réactif. Par contre, si l'on part d'une solution de guanidine, nous avons constaté que le complexe argentique se redissout, même à la température ordinaire, dans un excès d'imine. Cette observation nous a conduit à une étude méthodique de la stabilité des complexes argento-guanidiniques en solution aqueuse. La concentration des ions argent dissimulés se déduisant de la mesure des forces électromotrices de contact, nous avons suivi la méthode de Bödlander [3], modifiée par P. Job [4].

Conditions expérimentales. — La détermination des forces électromotrices de contact a été réalisée par le procédé d'opposition; l'électrode réversible était constituée par une lame d'argent vierge plongeant dans 100^{cm^3} d'une solution de guanidine agitée mécaniquement à 16°, à laquelle on ajoutait 1/10e par 1/10e de centimètre cube une solution N/10 de nitrate d'argent. L'imine libre était préparée à partir du carbonate pur,

(1) Hoffmann, *Ber. d. chem. Ges.*, 1, 1808, p. 146.
(2) *Annalen*, 302, 1898, p. 334.
(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 2878; *Zeits f. ph. Chem.*, 39, 1902, p. 605.
(4) P. Job, *ibid.* 176, 1923, p. 442; *Annalen*, 9, 1928, p. 166.

dissous dans un léger excès d'acide sulfurique dilué; la liqueur était ensuite neutralisée à froid par l'eau de baryte en quantité calculée. La concentration finale du diaminoiminométhane était vérifiée par un dosage au picrate ([1]).

Soient $Ag^m(gn)^p$ la formule supposée de l'ion complexe, E et A les concentrations respectives en imine et en nitrate, e la différence des forces électromotrices mesurées relatives à l'eau pure et à la solution considérée.

La loi d'action des masses permet de calculer m et p. On trouve, par exemple :

$$\left.\begin{array}{ll} E = 0,075 \text{ mol.}\,^0/_{00}, & e = 336 \text{ millivolts} \\ E = 0,0375 \quad » \quad , & e = 284 \quad » \end{array}\right\} p = 3,01.$$

D'autre part on trouve que, pour une même valeur de E, on a $e=$const., d'où l'on tire $m = 1$. La formule de l'ion complexe en solution est donc

$$Ag(gn)^3.$$

Il est aisé d'en déterminer la constante d'équilibre; en faisant les approximations d'usage, nous aboutissons à la formule

$$\log K = \log \frac{c_{Ag}}{A} + 3 \log (E - 3A).$$

Le tableau suivant donne quelques-unes des valeurs obtenues :

E = 0,075.

$A.10^3$.....	0,2.	0,4.	0,6.	0,8.	1.	1,2.
e............	335	337	339	337	336	334
$-\log K$......	9,22	9,28	9,32	9,32	9,31	9,27

Moyenne : 9,28.

La moyenne générale des valeurs de K est

$$K_{10^\circ} = \frac{c_{Ag} \times c^3_{gn}}{c_{Ag\,gn^3}} = 5,14.10^{-10}.$$

Nous avons pu vérifier cette valeur de k en mesurant la solubilité du chlorure d'argent à 16° dans les solutions fraîchement préparées de guanidine, qui ne présentent aucune trace d'hydrolyse (cf. BELL, *J. chem. Soc.*, 1926, p. 143; 1928, p. 2074). Nous avons trouvé par cette méthode $k_{10^\circ} = 5,3.10^{-10}$. Vu le degré de précision des mesures, la concordance des deux chiffres est satisfaisante.

([1]) Cf. EMICH, *Monatsh.*, 12, 1891, p. 25.

Il est à noter que pour les solutions très pauvres en guanidine, les valeurs de k trouvées varient d'une façon appréciable avec la concentration de l'ion argent; de telles solutions doivent contenir en équilibre les deux ions complexes Ag(gn) et $Ag(gn)^2$. Au delà d'une concentration limite, cet équilibre est rompu et le nitrate double $Ag(gn)NO^3$ précipite.

Au point de vue de la coordinence de l'argent, il est curieux de rappeler ici que le nitrate d'argent donne avec la thio-urée [1] deux complexes parfaits absolument analogues : $AgNO^3, CS(NH^2)^2$ et $AgNO^3, 3CS(NH^2)^2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des chlorures d'acides sur les éthers orthoformiques. Préparation des éthers symétriques de l'acide sulfurique.* Note de M. R. LEVAILLANT, présentée par M. G. Urbain.

Les chlorures d'acides peuvent réagir sur les éthers orthoformiques $HC(OR)^3$. Suivant les cas, la réaction se produit à froid ou à chaud, sans catalyseur ou en présence d'une trace de chlorure de zinc; elle fournit l'éther-sel du chlorure d'acide mis en jeu.

1° Prenons, en quantités équimoléculaires, de l'orthoformiate d'éthyle $HC(OC^2H^5)^3$ et du chlorure de trichloracétyle $CCl^3.COCl$. Dans l'orthoformiate chauffé à 95°-100°, introduisons peu à peu le chlorure d'acide. Du chlorure d'éthyle se dégage, en même temps que distille un liquide volatil d'où l'on peut extraire du formiate d'éthyle. Chauffons enfin progressivement jusqu'à 160°; puis distillons dans le vide. Nous obtenons du trichloracétate d'éthyle $CCl^3.CO^2C^2H^5$, avec un rendement supérieur à 90 pour 100 du rendement théorique prévu par l'équation :

$$CCl^3.COCl + HC(OC^2H^5)^3 = CCl^3.CO^2C^2H^5 + C^2H^5Cl + HCO^2C^2H^5.$$

Dans des conditions analogues (chauffer à 100°-110°), le chlorure de monochloracétyle $CH^2Cl.COCl$ donne le monochloracétate d'éthyle avec un rendement du même ordre.

En présence d'un fragment de chlorure de zinc, et à 125°-130°, le chlorure de benzoyle $C^6H^5.COCl$ réagit également sur l'orthoformiate d'éthyle. Dans une telle opération, le rendement en benzoate d'éthyle (passé à 96° sous 15^{mm}) a atteint 92 pour 100.

---

(1) Cf. REYNOLDS, *J. chem. Soc.*, 61, 1892, p. 249; KÜRNAKOW, *Ber. d. chem. Ges.*, 24, 1891, p. 3956.

2° Les chlorures des acides sulfoniques se conduisent comme les chlorures des acides carboxyliques.

Dans du paratoluènesulfochlorure, $p.CH^3.C^6H^4.SO^2Cl$, chauffé vers 110°, faisons couler de l'orthoformiate d'éthyle. Agitons avec de l'eau le produit de la réaction; additionnons-le d'éther ordinaire, décantons, séchons sur sulfate de soude. Après départ de l'éther, la distillation dans le vide fournit du paratoluènesulfonate d'éthyle cristallisé.

Dans le cas du benzènesulfochlorure $C^6H^5.SO^2Cl$, la réaction s'effectue à 150°-155°, avec une trace de chlorure de zinc. Le rendement en benzènesulfonate d'éthyle distillé dépasse 75 pour 100.

3° Les chlorures des acides minéraux attaquent aussi les éthers orthoformiques.

Premier exemple. — Au contact de deux molécules d'orthoformiate d'éthyle, une molécule de chlorure de thionyle $SOCl^2$ engendre le sulfite diéthylique $SO^3(C^2H^5)^2$.

$$SOCl^2 + 2HC(OC^2H^5)^3 = SO^3(C^2H^5)^2 + 2C^2H^5Cl + 2HCO^2C^2H^5.$$

Après avoir fait tomber le chlorure de thionyle dans l'orthoformiate refroidi par de la glace, on a chauffé peu à peu jusque vers 100°, puis distillé dans le vide. Rendement en sulfite 80 pour 100.

Deuxième exemple. — En mélangeant à froid (glace et sel) une molécule d'orthoformiate d'éthyle et une molécule de chlorure de sulfuryle, on produit du chlorosulfonate d'éthyle accompagné d'une quantité plus faible de sulfate diéthylique.

4° Les éthers de la chlorhydrine sulfurique (acide chlorosulfonique) sont aussi des chlorures d'acides. On trouve dans leur action sur les éthers orthoformiques une bonne méthode de préparation des éthers symétriques de l'acide sulfurique

$$ClSO^3R + HC(OR)^3 = SO^4R^2 + RCl + HCO^2R.$$

Bornons-nous ici à exposer la *préparation du sulfate diéthylique* à partir de l'orthoformiate d'éthyle qui est un produit commercial. Le procédé est rapide, et son rendement de l'ordre de 90 pour 100.

Le chlorosulfonate d'éthyle $ClSO^3C^2H^5$ et l'orthoformiate triéthylique sont utilisés en proportions équimoléculaires. Le chlorosulfonate est placé dans un ballon relié à un réfrigérant descendant; on lui ajoute d'un coup la dixième partie de l'orthoformiate; en quelques minutes, la température du liquide s'élève spontanément de plus de 30°. Faisant alors couler peu à peu l'orthoformiate, on règle son débit de façon à maintenir la

température du mélange entre 65° et 75°. Du chlorure d'éthyle se dégage, et un liquide volatil distille de manière continue. Quand tout l'orthoformiate a été versé, on chauffe (pendant une heure environ) dans un bain porté progressivement de 80° à 100°. Après refroidissement, le contenu (légèrement jaune) du ballon est agité avec de l'eau ; on l'additionne de tétrachlorure de carbone pour mieux le rassembler. On décante, et l'on sèche sur chlorure de calcium ou sur sulfate de soude. Le liquide est ensuite filtré ; le solide résiduel est lavé avec de l'éther que l'on joint au reste du filtrat. Commencée sous pression ordinaire, la distillation est continuée dans le vide. Le sulfate diéthylique (qui passe à 94°-95° sous 14^{mm}) est obtenu pur de premier jet.

489^g de chlorosulfonate et 501^g d'orthoformiate ainsi traités ont fourni 465^g de sulfate (constantes mesurées : $n_D^{15°} = 1,402$; $d_0^0 = 1,198$ à $1,199$). Rendement 89 pour 100. L'addition de l'orthoformiate au chlorosulfonate n'a pas demandé 2 heures.

On abrège la préparation en supprimant le lavage à l'eau et en distillant directement le produit de la réaction. Le sulfate obtenu est très suffisamment pur pour les usages courants.

Dans une opération effectuée sur les mêmes quantités que dans l'exemple précédent, on a recueilli 474^g de sulfate distillé. Rendement : 91 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse glycidique d'aldéhydes.* Note de M. G. **Darzens**, présentée par M. A. Béhal.

J'ai montré autrefois [1] que l'ester α-chlorpropionique était susceptible de se condenser avec les cétones et les aldéhydes sous l'action de l'éthylate de sodium pour donner des esters glycidiques αβ-substitués donnant ensuite par saponification puis par décomposition de l'acide correspondant, des méthylcétones conformément aux formules suivantes :

$$\begin{matrix}R^1\\R^2\end{matrix}\!\!>CO + \underset{\textstyle CH^3}{\underset{|}{CHCl}} - CO^2C^2H^5$$

$$\rightarrow \begin{matrix}R^1\\R^2\end{matrix}\!\!>\overset{\quad O \quad}{C \text{———} C} \underset{\textstyle CH^3}{-} CO^2C^2H^5 \rightarrow \begin{matrix}R^1\\R^2\end{matrix}\!\!>CH - CO - CH^3.$$

(1) G. Darzens, *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 766 ; 142, 1906, p. 214 ; 144, 1907, p. 1123 ; G. Darzens et H. Leroux, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1812.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de rechercher si cette réaction était générale et s'il était possible de condenser, dans les mêmes conditions, des homologues quelconques de l'ester chlorpropionique de formule

$$R - CHCl - CO^2C^2H^5,$$

de manière à obtenir des esters glycidiques de formule (I) donnant des cétones de formule (II) :

$$\begin{array}{c}R^1\\R^2\end{array}\!\!>\underset{\beta}{C}\overset{O}{\frown}\underset{\alpha}{C}(R) - CO^2C^2H^5 \qquad \begin{array}{c}R^1\\R^2\end{array}\!\!>CH - CO - R \qquad R - \underset{R_2}{\overset{R^1}{C}} - COH$$

(I). (II). (III).

Ce travail a amené à un résultat tout à fait inattendu : la transposition par décomposition de l'acide glycidique substitué en cétone n'est pas générale et, dans un grand nombre de cas, surtout lorsque le radical R est de poids moléculaire élevé, au lieu d'une cétone on obtient une aldéhyde de formule (III) par suite de la migration du radical R. Il en résulte une nouvelle méthode glycidique de synthèse d'aldéhydes de ce type qui, comme on le voit, sont des aldéhydes tertiaires.

Les premières recherches dans cette voie ont été effectuées avec l'ester de l'acide α chlorlaurique qui n'était pas connu mais qui a pu être facilement préparé en chlorant le chlorure de l'acide laurique et en traitant directement le chlorure de lauryle α chloré obtenu par un excès d'alcool. C'est un liquide incolore distillant à 132°-133° sous 4^mm et ayant les constantes suivantes : $d_0^0 = 0,990$; $n_D^{20} = 1,4478$.

Cet ester α chlorlaurique a d'abord été condensé avec l'acétone ordinaire suivant la technique classique suivante :

Dans un mélange bien refroidi à $-10°$ de 262^g,5 d'ester (une mol.), 60^g d'acétone et 300^g d'ester sec, on introduit lentement de l'éthylate de sodium sec préparé en dissolvant 25^g de sodium dans de l'alcool absolu et en chassant l'alcool en excès d'abord à la pression ordinaire puis au vide à 180°. Après 24 heures de repos à 0° on neutralise par un peu d'acide acétique, puis on reprend par l'eau; la couche éthérée decantée est lavée au carbonate de soude puis à l'eau et séchée sur Na^2SO^4. Par distillation et rectification on obtient l'ester glycidique cherché avec un rendement de 70 pour 100 environ. Liquide incolore distillant à 162-165° sous 5^mm :

$$d_0^0 = 0,993; \qquad n_D^{20} = 1,4612.$$

L'ester glycidique ainsi obtenu se saponifie facilement par la soude

alcoolique pour donner l'acide α-décyl-β.β-diméthylglycidique qui est relativement stable, il fond à 22° et distille sans décomposition à 184-185° dans un vide de 15mm.

Si on le distille à la pression ordinaire en surmontant le ballon d'une petite colonne il se décompose au contraire avec dégagement de CO^2 en donnant un liquide fortement odorant d'où il est facile de séparer par rectification au vide après lavage convenable au carbonate de soude un liquide distillant à 156-160° sous 16mm. C'est la diméthyldécylacétaldéhyde de formule (IV) qui s'est formée suivant le schéma :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ \diagdown \\ CO \\ \diagup \\ CH^3 \end{matrix} + \begin{matrix} CHCl - CO^2C^2H^5 \\ | \\ C^{10}H^{21} \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \quad O \\ \diagdown\;\diagup\;\; \\ C - C - CO^2C^2H^5 \\ \diagup \quad\; \diagdown \\ CH^3 \quad C^{10}H^{21} \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \\ | \\ C^{10}H^{21} - C - COH. \\ | \\ CH^3 \\ (IV) \end{matrix}$$

C'est une aldéhyde à odeur forte et tenace rappelant celle de la méthylnonylacétaldéhyde mais moins intense. Sa semi-carbazone fond à 59°, 5, elle se combine difficilement au bisulfite, colore les solutions de fuchsine décolorée et donne, par oxydation à l'aide de l'oxyde d'argent, l'acide carrespondant.

La condensation de l'ester α-chlorlaurique avec la cyclohexanone donne, dans les mêmes conditions, un ester glycidique distillant à 173-176°, sous 5mm ($d_0^0 = 0,994$, $n_D^{20} = 1,4652$) qui, par saponification et distillation de l'acide, donne l'aldéhyde de formule (V), distillant à 166-170° sous 15mm et dont la semi-carbazone fond à 98°, 5 :

$$\begin{matrix} CH^2 - CH^2 \\ CH^2 \langle \qquad\quad \rangle C \begin{matrix} \diagup COH \\ \diagdown (CH^2)^9 - CH^3 \end{matrix} \\ CH^2 - CH^2 \\ (V). \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH^3 \\ | \\ C^6H^5 - C - COH \\ | \\ (CH^2)^9 - CH^3 \\ (VI). \end{matrix}$$

Enfin l'acétophénone donne, de même, un ester glycidique distillant à 185-190° sous 5mm ($d_0^0 = 0,993$; $n_D^{20} = 1,4713$) et une aldéhyde, de formule (VI) distillant à 178-180°, fondant à 49°, et donnant une semi-carbazone fondant à 195°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'allodulcite.*

Note de MM. **Lespieau** et **Wiemann**, présentée par M. Matignon.

MM. Farmer, Garoia, Switz et Thorpe (*Journ. of Chem. Soc.*, 1927, p. 2937) ont établi que le divinylglycol de Griner était un mélange de deux isomères (en l'hydrogénant ils ont obtenu deux glycols saturés, l'un solide

fondant à 88°,5, l'autre liquide)[3] mais ils n'ont point isolé les constituants de ce mélange.

L'obtention de la mannite *dl*, que nous avons réalisée par oxydation de celui-ci (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1946), doit être attribuée à la présence de l'isomère

$$(1) \qquad CH^2{=}CH-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-CH{=}CH^2;$$

il était indiqué d'isoler l'autre

$$(2) \qquad CH^2{=}CH-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-CH^2OH,$$

afin de voir ce qu'il donnerait par oxydation.

Nous y sommes arrivés de la façon suivante : la bromuration du mélange fournit, comme l'avait vu Griner, deux espèces de cristaux et un liquide. Les cristaux, présentant le point de fusion le plus élevé, 174°, ont été débromés par la poudre de zinc et l'alcool, et ils ont ainsi donné un liquide, qui fond à 18°, bout à 100° sous 14^{mm}, et a pour densité et indice D à 23° respectivement 1,0187 et 1,4788. Par hydrogénation catalytique (H et Pd) ce corps fournit le glycol saturé fondant à 88°,5 décrit par Farmer (*loc. cit.*). Ses cristaux introduits dans le mélange de Griner n'y provoquent qu'une faible cristallisation. Comme d'habitude ce sont les corps les plus symétriques qui fondent le plus haut, il est à présumer que le glycol fondant à 18° est celui qui correspond à la formule (2).

Ceci est d'ailleurs en accord avec le fait suivant : le mélange de Griner, traité comme nous l'avons dit à l'endroit rappelé ci-dessus, nous avait conduits à la mannite *dl*, tandis que le glycol fondant à 18°, par un traitement tout à fait analogue, nous a donné non pas cette hexite, mais une autre.

L'opération a été conduite de la façon suivante : 16^g de glycol cristallisable ont été dissous dans 250^g d'eau en même temps que 18^g de chlorate d'argent et 0^g,3 d'acide osmique. Le tout a été abandonné pendant les vacances; on a ensuite filtré, épuisé à la benzine afin d'enlever l'acide osmique, évaporé dans le vide, puis repris par pas mal d'alcool. L'évaporation de celui-ci fournit des cristaux; on les redissout dans le minimum d'eau et les précipite par addition d'alcool. On les a ainsi fondant à 144°-146° au tube capillaire, leur masse étant de 3^g environ. Ils ont bien la formule

d'une hexite $C^6H^{14}O^6$ (trouvé pour 100 : C 39,49; H 7,66). Additionnés de deux fois leur poids d'aldéhyde benzoïque et d'autant d'acide chlorhydrique ils donnent immédiatement, et avec un rendement excellent, des cristaux, qui lavés à l'eau puis à l'éther et enfin recristallisés dans l'alcool fondent à 246° au bloc Maquenne (au tube capillaire ils commencent à se décomposer un peu avant). Leur analyse correspond à celle d'un acétal-dibenzoïque (trouvé pour 100 : C 66,47; H 6,01).

Les points de fusion 146° et 246° ne correspondent à aucun des hexites et acétals connus; ce fait, compte tenu du point de départ qui nous a servi, nous permet d'affirmer que la nouvelle hexite est l'allodulcite.

$$\begin{array}{ccccccccccc} & & OH & & OH & & OH & & OH & & \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ CH^2OH & - & C & - & C & - & C & - & C & - & CH^2OH, \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ & & H & & H & & H & & H & & \end{array}$$

la dixième des hexites prévues par la stéréochimie, qui n'avait jusqu'ici ni été obtenue au laboratoire, ni rencontrée dans la nature; la série est maintenant complète.

A l'appui de la formule que nous donnons, ajoutons que le point de fusion 145 est en accord avec celui que l'on pouvait attendre étant donné le point de fusion du diacide $CO^2H(CHOH)^4CO^2H$ de constitution stérique semblable, et que de plus nous croyons bien avoir obtenu la même hexite en oxydant de la même façon l'érythrite

$$\begin{array}{ccccccccc} & & OH & & & & OH & & \\ & & | & & & & | & & \\ CH^2OH & - & C & - & CH = CH & - & C & - & CH^2OH \\ & & | & & & & | & & \\ & & H & & & & H & & \end{array}$$

préparée par l'un de nous (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 378). Mais ici il faut être quelque peu réservé parce que cette oxydation a fourni un mélange non encore suffisamment séparé, et que la forme spatiale de cette érythrite n'est pas absolument certaine.

Naturellement cette hexite devait se trouver dans le résultat de l'oxydation du mélange de Griner, qui nous avait déjà donné la mannite; et en effet on en peut extraire, après le dépôt de cette dernière, en reprenant la partie restée liquide par l'alcool, puis la précipitant partiellement par addition d'éther. Il faut répéter l'opération à plusieurs reprises; et les portions restées dissoutes paraissent fournir encore une autre hexite (ce à quoi la théorie ne s'oppose nullement).

GÉOLOGIE. — *Sur l'ancienneté de la dépression du golfe du Morbihan.* Note de M. Y. **Milon**, présentée par M. L. Cayeux.

J'ai déjà indiqué [1] l'ancienneté probable de la dépression du Morbihan. Récemment, M. Mazères (*Bull. Soc. Polymath. Morbihan*, 1931, p. 43) a crû pouvoir faire remonter au Crétacé l'origine de cette mer intérieure, en se basant sur le grand nombre de blocs de craie à silex noirs (Sénonien) épars sur le littoral, en certains points du golfe.

L'étude de la répartition de ces blocs montre qu'ils sont très abondants dans les petits ports (Port-Navalo, Le Logeo) et à proximité de certains établissements d'ostréiculture (Ile Logoden, Ile Longue). Leur nombre diminue rapidement dès que l'on s'écarte de ces points particuliers, et ils manquent complètement dans les anses reculées et désertes. A ces blocs de craie à silex sont associés des faluns à échinides, des minerais de fer, des scories, et quelques blocs de calcaires paléozoïques parmi lesquels j'ai trouvé du calcaire carbonifère fossilifère (Le Logeo). Le mélange de ces blocs, leur mode de gisement, et leur répartition, montrent nettement qu'il s'agit de délestages, et qu'aucune preuve ne permet actuellement de faire remonter au Crétacé la formation du golfe.

Les formations éocènes sub-en-place existent, au contraire, dans le golfe, sur son pourtour et ses abords, dans des conditions qui excluent toute hypothèse d'un apport par les hommes. Les *grès à Sabalites* typiques, à ciment de silice fibreuse, souvent brèchoïdes et imprégnés d'oxydes de fer existent : à l'Ile d'Arz, en blocs volumineux, à demi engagés dans la falaise, et sur l'estran; dans la dépression marécageuse de Noyalo terminant l'une des digitations du golfe (où ils prennent fréquemment la forme de dreikanter); sur la terrasse monastirienne entre Vannes et Conleau; et dans les marais au sud d'Ambon. Ces dépôts résiduels sont les témoins d'une formation jadis plus importante, largement étendue sur toute la région. Les grès éocènes ont été remaniés presque sur place, et incorporés, en de nombreux points, dans les terrasses monastiriennes. A la pointe de Kervoyal (Est de Damgan) les galets de base de la terrasse pleïstocène (qui s'élèvent au maximum à $3^{m},50$ au-dessus de l'estran), renferment de nombreux échantillons de grès éocènes, associés à quelques fragments de

[1] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1261.

minerai de fer (hématite et limonite), et à des plaquettes ou des galets de grès à grain fin, quartziteux ou calcareux.

Au pied de la falaise sud de la pointe de Kervoyal gît, sur l'estran, un bloc de grès éocène, à ciment de silice fibreuse, usé, poli, patiné, et creusé de petites marmites. Son poids de 600^{kg} environ, et la présence des nombreux galets éocènes de la terrasse voisine impliquent, pour tous ces grès tertiaires, une origine locale et un remaniement à faible distance. J'ai remarqué également des blocs de grès identiques, aussi volumineux, et burinés de gouttières et de cupules, sur l'estran, au pied de la falaise de Kerfahler, à Pénestin, pointe faisant face à celle de Kervoyal, de l'autre côté de l'estuaire de la Vilaine.

En résumé, le Crétacé signalé dans le golfe du Morbihan ne paraît pas être en place, et les blocs de craie à silex sont associés à de nombreux autres échantillons de roches provenant également de délestages.

Les grès éocènes ont eu anciennement une grande extension dans toute la région littorale du Mar-Craz, et dans le golfe du Morbihan, qui devait être une cuvette prééocène, comme celle de Toulven (sud de Quimper), et comme la grande dépression : Grande-Brière — Campbon-Saffré.

GÉOLOGIE. — *Sur les faciès du Lias inférieur au Toarcien dans le Moyen Atlas marocain.* Note de MM. **G. Dubar** et **H. Termier**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le Causse préatlasique et le Moyen Atlas comprennent de vastes affleurements de terrains liasiques, peu connus jusqu'à ces dernières années à cause de l'insécurité du pays.

1° Entre El Hajeb, Khénifra et Itzer, la série existe le plus souvent à l'état de dolomies, quelquefois de calcaire avec des niveaux à silex; elle repose sur les marnes rouges et les basaltes rapportés au Trias.

Le *Lias inférieur* renferme : *Terebratula mediterranea* Canav., *Ter. Fötterlei* Boeckh, *Zeilleria polymorpha* Seg., *Zeill. Arethusa* di Stef. et leurs variétés.

Le *Pliensbachien probable* comporte des Térébratules apparentées à *T. pacheia* Uhlig et *T. synophrys* Uhlig.

Le *Domérien* certain offre en quelques points des fossiles caractéristiques. Parmi les Brachiopodes, *Ter. Renierii* Catullo a été reconnue en maints gisements, d'Azrou à la Haute Moulouya; et cette espèce compose des lumachelles dans la région d'Itzer. Parmi les Lamellibranches, certains,

accumulés eux aussi en lumachelles, appartiennent aux formes à test épais des Alpes méridionales : tels sont *Megalodus pumilus* Ben., *M. Vaceki* Tausch, *Pachymegalodus* sp., *Opisoma hipponyx* Boehm, *Perna* sp., *Gervillia* aff. *Buchi* Zigno, *Mytilus* cf. *mirabilis* Lepsius, *M. Bittneri* Tausch. A ces organismes sont associés des Gastéropodes, également de types alpins, et des Échinides nouveaux qui ont été décrits par M. J. Lambert (¹).

Les formations dolomitiques cessent, dans le territoire considéré, à la fin du Domérien, et le Toarcien ferrugineux à Brachiopodes et Ammonites les recouvre.

Ces faunes marocaines sans Ammonites, bien différentes des faunes classiques de l'Europe occidentale, s'apparentent étroitement à celles de l'Italie. Le Lias inférieur ressemble paléontologiquement beaucoup à celui de la Sicile (Taormina) (²) et le Domérien reproduit encore bien mieux les groupements fauniques contenus dans les calcaires gris (³) des Alpes vénitiennes. La découverte récente d'*Orbitopsella præcursor* Gümbel (⁴), faite par l'un de nous (G. D.) dans les dolomies à *Ter. Renierii* et Spiriférines d'Aouli (Haute-Moulouya), accentue encore de telles ressemblances, ce Foraminifère géant étant jusqu'à présent inconnu en dehors de la Vénétie.

2° A l'Est de la région précédente, près d'Almis du Guigou et dans le massif de Tichoukt, le Domérien se présente sous l'aspect de calcaire à Céphalopodes et Lamellibranches. Plus à l'Est encore, dans les anticlinaux des Aït Temama, du Tizi n'Reçass et du Dj. Bezouzaou, ainsi que dans le bled des Beni Zeggout, les calcaires du même niveau ne contiennent que des Céphalopodes. Enfin, entre Talzemt et Berkine, les Ammonites apparues dès le Pliensbachien sont les seuls fossiles que l'on rencontre dans le Domérien devenu essentiellement schisteux. Elles permettent d'y reconnaître les trois zones classiques, la seconde étant de beaucoup la plus développée et renfermant entre autres formes : *Grammoceras celebratum* Fucini, *Seguenziceras algovianum* Oppel et *Lytoceras fimbriatum* Sow. en grande abondance et avec de nombreuses variétés.

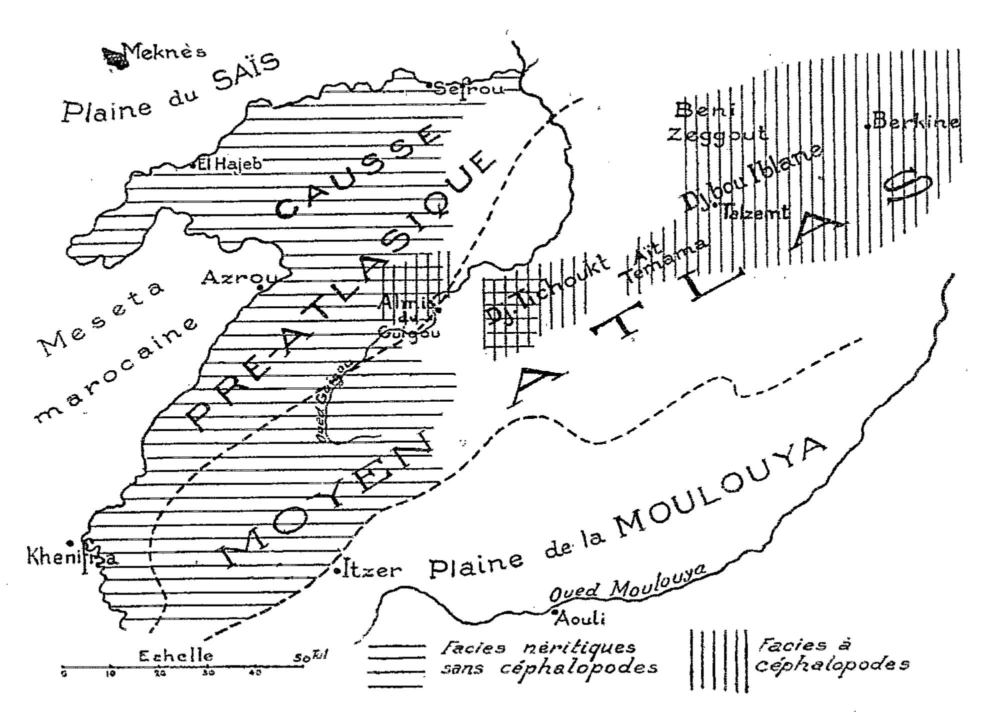
(¹) *Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc*, n° 17, 1931. 25 p., 2 pl.

(²) G. G. Gemmellaro, *Sopra alcune faune giuresi e liasiche della Sicilia*, 1 vol., 434 pages, atlas de 31 planches. Palermo, 1872-1882.

(³) G. Boehm, *Zeitschr. d. deutschen Geol. Ges.*, 36, 1884, p. 737-782, pl. XV-XXVI; L. Tausch v. Gloeckelsthurn, *Abhandl. d. K. K. geol. Reichsanst.*, 15, 1890, 2 Heft, p. 1-42, 9 planches.

(⁴) M. Gignoux et L. Moret, *B. S. G. Fr.*, 4ᵉ série, 20, 1920. p. 129-140, pl. VI.

Le Domérien de ce deuxième territoire (partie orientale de la chaîne) est caractérisé par les mêmes espèces que celui de l'Apennin (Monte di



Carte schématique montrant la répartition des faciès du Domérien.

Cetona ([1]) et des Alpes Lombardes (Monte Domaro dans la province de Brescia ([2]).

En résumé, la mer, qui resta néritique durant presque tout le Lias entre El Hajeb et Itzer, s'approfondissait graduellement vers l'Est et devint bathyale, à partir du Domérien, dans la région de Berkine.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Essai de dosage de l'ozone atmosphérique par photométrie visuelle.* Note de M. **J. Gauzit**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pour le dosage optique de l'ozone atmosphérique on a utilisé jusqu'ici soit la photographie du spectre solaire, soit les méthodes plus directes où le

([1]) Fucini, *Palaeontographia italica*, 1901-1905.
([2]) Bettoni, *Mém. Soc. paléont. suisse*, 27, 1900, 88 pages, 9 planches.

récepteur est un bolomètre (Abbot et Fowle), un thermocouple (Iké Duninowski) ou une cellule photo-électrique (Dobson).

J'ai pensé qu'il était possible et plus simple de faire de la photométrie visuelle et j'ai construit un spectrophotomètre pour mesurer l'intensité du spectre solaire à diverses distances zénithales.

L'appareil est essentiellement constitué par un spectroscope à déviation constante auquel j'ai ajouté un deuxième collimateur à angle droit du premier et un cube de Lummer, placé entre les collimateurs et le prisme dispersif; l'oculaire est enlevé et l'on regarde à travers une fente, placée dans le plan focal de l'objectif. L'œil voit ainsi, éclairées en lumière sensiblement monochromatique, les plages du cube photométrique, dont il peut vérifier facilement l'égalité de brillance. L'image du soleil est projetée, par l'intermédiaire d'un héliostat et d'une lentille achromatique, sur la fente du premier collimateur. Le deuxième collimateur reçoit d'une lampe à filament rectiligne, alimentée sous une tension constante de 6 volts par une batterie d'accumulateurs, un flux lumineux réglable au moyen d'un coin absorbant. Pour amener à l'égalité les plages du cube photométrique, éclairées l'une par le soleil, l'autre par la lampe, il faut évidemment réduire d'abord dans un grand rapport (10^{-4} environ) la brillance du soleil, par interposition d'un écran convenable placé après l'héliostat.

Il est très facile de mesurer ainsi la transparence atmosphérique, en appliquant la loi de Bouguer

$$\log I = \log I_0 - m\,\Delta,$$

qui relie l'intensité I du rayonnement solaire à la masse d'air m qu'il a traversée. L'étalonnage du coin absorbant donne $\log I$ à une constante près; on construit la droite $\log I = f(m)$ et l'on en tire la densité optique Δ de l'atmosphère pour la longueur d'onde λ étudiée.

Pratiquement, les mesures ont été réalisées, pour une dizaine de longueurs d'onde, dans les deux heures suivant le lever du soleil ou précédant son coucher, par de belles journées. L'œilleton utilisé embrasse un intervalle spectral de 50 Å environ.

Le tableau suivant indique les densités Δ obtenues pour trois séries de mesures, réalisées à Montpellier :

Longueur d'onde.	30 janvier 1932 après-midi.	31 janvier 1932 après-midi.	14 septembre 1932 après-midi.
6800	0,0566	0,0691	0,0720
6650	0,0599	0,0812	0,0775
6200	0,0757	0,1135	0,0879
6100	0,0837	0,1133	0,0995
5550	0,0978	0,1370	0,1260
5320	0,0996	0,1480	0,1278
5220	0,0896	0,1630	0,1300
4900	0,1232	0,1770	0,1446

Ces résultats rendent possibles la mise en évidence et le dosage de l'ozone atmosphérique, par la méthode qu'ont indiquée MM. Cabannes et Dufay [1] à propos des mesures de la transparence atmosphérique par Abbot et Fowle. La courbe représentant la densité atmosphérique Δ en fonction de λ^{-4} montre qu'il existe dans l'orangé et le jaune une absorption sélective, qui doit être attribuée à l'ozone. On évalue facilement la densité optique du gaz absorbant et, en divisant cette valeur par les coefficients d'absorption de l'ozone, mesurés par Colange [2], on obtient l'épaisseur de la couche d'ozone, évaluée en centimètres dans les conditions normales.

J'ai ainsi trouvé :

	cm
Le 30 janvier 1932	0,31
Le 31 janvier 1932	0,35
Le 14 septembre 1932	0,235

Il semble, d'après ces premières mesures, qu'on puisse déterminer l'épaisseur de la couche d'ozone avec une incertitude certainement inférieure à 10 pour 100.

CYTOLOGIE. — *Pouvoir oxydant, chondriome et sexualisation cytoplasmique chez les Champignons.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

Nos recherches sur les qualités physico-chimiques du cytoplasme chez les Champignons ont été poursuivies sur deux espèces de Saprolégniées que M. Guilliermond a bien voulu nous procurer. Voici les résultats obtenus jusqu'à ce jour.

(1) Cabannes et Dufay, *Journal de Physique*, 6e série, 7, 1926, p. 257.

(2) Colange, *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 254.

1° *Saprolegnia.* — Nous avons montré [1] que, dans ce Champignon, le chondriome et le nucléole possèdent un pouvoir oxydo-réducteur. Il est possible de faire apparaître le pouvoir oxydant du chondriome et du nucléole par la méthode des colorations vitales aux leucodérivés.

Quand on fait agir, sur les filaments de *Saprolegnia*, l'un des réactifs suivants : le leucodérivé du vert de méthyle, le leucodérivé du vert Janus, le leucodérivé du vert Lumière, on constate que le réactif pénètre dans la cellule, son oxydation se réalise au niveau des éléments du chondriome et dans le nucléole, comme le montre l'apparition de la couleur verte sur ces constituants cellulaires. Le leucodérivé du bleu de méthylène, le leucodérivé du bleu de Nil se colorent en bleu verdâtre sur les éléments du chondriome et dans le nucléole. Le leucodérivé du bleu de crésyl et le leucodérivé du bleu de méthyle donnent une coloration bleu verdâtre pour le premier et bleue pour le second, sur les éléments du chondriome.

La réaction au leucodérivé du rouge neutre s'obtient d'une façon plus irrégulière que les réactions indiquées ci-dessus; elle montre bien que la signification des colorations obtenues est celle que nous indiquons plus haut. En effet, le leucodérivé du rouge neutre s'oxyde au niveau du chondriome et du nucléole, mais la coloration rouge qui apparaît, sur ces constituants cellulaires, n'y reste pas; la substance colorée diffuse assez vite dans le cytoplasme.

2° *Pythium de Baryanum.* — Nous n'avons pas étudié le chondriome de cette espèce par les méthodes classiques. M. Saksena, R. K., élève de M. Guilliermond, a obtenu, sur ce sujet, des résultats non encore publiés, qui sont antérieurs aux nôtres. Il convient de lui réserver la priorité en ce qui concerne la définition classique du chondriome chez *Pythium de Baryanum.* Nos recherches sur ce matériel ont été faites avec la préoccupation de mettre en évidence des caractères physico-chimiques par la méthode des leucodérivés.

L'action des leucodérivés sur les filaments végétatifs du Champignon met en évidence, par l'oxydation des réactifs au niveau des éléments oxydants du cytoplasme, des baguettes et granules oxydants que nous considérons, par analogie, avec les résultats obtenus chez *Saprolegnia*, comme représentant les éléments du chondriome de *Pythium.* Les résultats des diverses réactions sont concordants. Le chondriome mis en évidence ressemble morphologiquement à celui de *Saprolegnia.* Le leucodérivé du

---

[1] *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 595, et *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 567.

bleu de Nil, le leucodérivé du bleu de crésyl, le leucodérivé du bleu de méthylène se colorent en bleu verdâtre au niveau des éléments du chondriome. Le leucodérivé du bleu de méthyle se colore en bleu au niveau des mêmes éléments.

Dans les gamètes, les quatre réactifs, indiqués ci-dessus, font apparaître les images du chondriome, par leur réoxydation au niveau des baguettes et granules qui constituent ce chondriome. En outre, le leucodérivé du vert de méthyle se colore en vert au niveau des mêmes éléments. Les cinq leucodérivés donnent des résultats concordants pour les images du chondriome des gamètes. Ils font ressortir une différence sexuelle entre les chondriomes. Le chondriome de l'anthéridie est constitué d'éléments à pouvoir oxydant plus élevé. Ils semblent de plus grande taille que ceux de l'oogone. La masse du chondriome mâle paraît relativement plus importante, par rapport aux autres constituants cytoplasmiques de l'anthéridie, que celle du chondriome femelle par rapport aux autres constituants du cytoplasme de l'oosphère. La sexualisation du chondriome ainsi mise en évidence est de même nature et d'ailleurs de même ordre de grandeur que la sexualisation du chondriome des Sporozoaires.

Pour la mise en évidence de cette sexualisation chez *Pythium de Baryanum* le meilleur réactif est le leucodérivé du bleu de méthyle. Il convient, à ce point de vue, de ranger les réactifs dans l'ordre suivant : 1° leucodérivé du bleu de méthyle; 2° leucodérivé du bleu de méthylène ou leucodérivé du bleu de Nil, et 3° leucodérivé du bleu de crésyl. Avec les deux premiers de ces réactifs, il est possible de distinguer le chondriome mâle dans l'oosphère qui vient d'être fécondée. A ce stade, le chondriome mâle est constitué par des granules ou de très courtes baguettes qui entourent le noyau mâle. Ces éléments sont plus colorés par les réactifs que ceux qui constituent le chondriome de l'oosphère.

Ainsi, au premier stade de la fécondation, le chondriome mâle, a encore conservé une qualité physico-chimique qui, d'après les résultats de nos autres recherches, semble bien être un caractère général de la sexualité, celui d'avoir un pouvoir oxydant plus élevé que le pouvoir oxydant du chondriome femelle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La vie des plantes vertes en atmosphère confinée.* Note de M. **J. Beauverie** et Mlle **S. Monchal**, présentée par M. Molliard.

Rappelons (¹) que des plantes vertes enfermées avec du terreau humide en vases de verre scellés d'une façon parfaite avec de la paraffine et exposées à la lumière diurne peuvent vivre et s'accroître pendant plusieurs années. Nous possédons actuellement de telles cultures ayant dépassé 3 et 4 ans et toujours en bon état de végétation. L'accroissement est naturellement subordonné à la quantité de terreau et d'eau; il cesse avec leurs disponibilités, mais la plante peut continuer à vivre dans un état d'équilibre s'établissant alors. Voici des exemples de durée remarquable : plus de 4 ans, *Phyllocactus;* plus de 3 ans : *Adiantum capillus veneris*, *Polypodium vulgare*, Sélaginelle, un jeune Épicéa, *Potamogeton* sp., *Hortensia*, *Oxalis stricta*. Les plantes suivantes ont vécu moins longtemps : *Begonia*, 2 ans; *Asplenium ruta-muraria*, *Juniperus hibernica*, *J. Sabina*, *Retinospora*, *Abies pectinata*, *Epicea Menziesii*, *Taxus baccata*, Muguet, Avoine cultivée, *Viola cornuta*, *Aucuba japonica*, *Acer japonicum*, *Vinca minor*, Buis de Chine et même *Cocos nucifera* et *Sempervivum tectorum*, etc., toutes ces plantes ont pu être conservées plusieurs mois avec des durées inégales.

Nous reviendrons sur les mousses; elles sont particulièrement favorables; un Sphagnum, notamment, nous donne une végétation luxuriante depuis plus de 3 ans. Théoriquement, la vie en atmosphère confinée doit être possible pour toutes les plantes vertes grâce à l'équilibre qui se produit entre les gaz échangés dans la respiration et l'assimilation chlorophyllienne. Mais, de plus, la plante cultivée sur terreau, en vase clos, s'accroît considérablement en poids; cet accroissement ne peut se produire que si la plante trouve à sa disposition une source complémentaire de carbone et des divers éléments entrant dans sa composition. Cette source existe dans le terreau humide qui apporte l'eau, des sels minéraux et le carbone. M. Molliard a montré que le terreau est le siège d'une constante oxydation se traduisant par un dégagement continu de CO^2, lequel constitue la source de carbone de la plante verte; il a démontré de plus que, si les microorganismes du terreau accroissent le dégagement du CO^2, celui-ci s'effectuerait aussi en leur absence. L'air confiné en vase clos est beaucoup plus riche en CO^2 que l'air normal : nos mesures ont donné des proportions de 6

(¹) J. Beauverie et L. Treyve, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 794.

à 8 pour 100, proportions se rapprochant de l'optimun (10 pour 100) de l'assimilation chlorophyllienne. Aussi, la végétation est-elle plus luxuriante en vase clos qu'à l'air libre. De plus, le terreau est le siège d'un dégagement d'oxygène à partir des sels oxygénés du terreau, particulièrement des nitrates qui exercent dans ce processus une action catalytique (Molliard).

Des dosages de l'oxygène nous ont permis de constater une proportion légèrement supérieure à celle de l'air normal. L'eau est également soumise à un cycle à l'intérieur du vase clos, la plus grande partie est émise par la transpiration ; elle se condense sur les parois (cette eau distillée altère les feuilles qui touchent ces parois), coule sur la terre où elle est reprise et ainsi de suite ; mais une partie de l'eau sert aux synthèses de nouvelles substances ; elle finit donc par se raréfier dans le récipient ; c'est là un facteur limitant du développement. L'atmosphère des vases clos est saturée d'eau, d'où des modifications morphologiques de la plante et, pour certaines, plus sensibles, une diminution de l'immunité et l'attaque des moisissures qui peuvent alors devenir aussi facteur limitant. L'atmosphère du vase clos subit au cours du jour et de la nuit des variations de pression assez importantes. Elles sont dues : *a*. à l'action de la température sur la vaporisation ou sur la condensation de l'eau et sur les gaz constituant l'atmosphère interne (air et CO^2) ; la température s'élevant la pression augmente ; *b*. aux proportions très variables suivant le jour et la nuit des gaz échangés dans la respiration et dans l'assimilation chlorophyllienne ; la petite quantité d'oxygène supplémentaire, provenant de la réduction des sels minéraux, produit aussi une légère surpression pendant le jour ; la nuit, au contraire, il y a plus d'O absorbé que de CO^2 dégagé (formation d'acides organiques) et une partie du CO^2 dégagé par la respiration reste dissoute dans les tissus de la plante et dans le milieu nutritif, d'où dépression. La pression peut arriver à dépasser de $1/15^e$ d'atmosphère la pression atmosphérique ; la dépression nocturne arrive à lui être inférieure de $1/10^e$; les récipients peuvent se fendre. La réaction du terreau (le pH) est sensiblement normale (7,2 au lieu de 7,4), mais peut descendre à 5,2 quand la plante dégénère.

Parmi les observations de natures très diverses faites encore, signalons seulement les suivantes : survie des plantes xérophytes (*Ulex*, etc.) est courte ; les plantes annuelles ont une évolution très prolongée ; les Fougères s'accommodent particulièrement de ces conditions ; d s plantes fleurissent bien si on les a introduites à l'état adulte, mais non à l'état de graine

ou de plantule; la floraison est prolongée. La fécondation a dû se produire dans certains cas (Graminées, Haricots, etc.), mais nous n'avons jamais observé jusqu'ici de fructifications.

Nous aurons à revenir sur les cas des Mousses, des Thallophytes : champignons, lichens et surtout algues; enfin sur la curieuse survie des petits animaux enfermés avec des plantes vertes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la relation entre la transpiration et la résorption des ions.* Note de M. **Michel Gračanin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le rôle de l'eau dans la résorption des sels minéraux par les plantes a donné lieu à diverses interprétations. Plusieurs savants (Sachs, Pfeffer, Jost, etc.) ont supposé une relation directe entre le processus de transpiration et celui de résorption des éléments nutritifs, mais les résultats des recherches expérimentales n'ont pas toujours été en faveur de cette supposition. Déjà les essais effectués par Ilienkoff (1) en 1865 n'ont montré aucune relation entre la teneur en matières minérales de *Polygonum fagopyrum* et la dépense d'eau par cette plante. En 1892, Haberlandt (2) a soutenu résolument que la résorption des sels par les végétaux et la transpiration sont deux processus indépendants. Néanmoins, l'opinion relative à l'importance de la transpiration sur le processus de nutrition des plantes reste en place dans des livres d'enseignement très en vogue.

Plus récemment, W. C. Muenscher (3) a recherché l'influence de la transpiration sur la résorption des sels de la solution de Knopp; il a déduit des résultats obtenus que « these results do not support the theory that transpiration has an important role in supplying plants with nutrient salts ». Mais la méthode qui lui a servi à déterminer la résorption n'était pas directe et pendant la longue durée des expériences (cinq semaines), la surface d'absorption des racines avait considérablement augmenté.

Sans connaître les résultats de Muenscher, nous avons entrepris des recherches sur le problème en question par une voie distincte : nous avons enregistré les changements de concentration en ions phosphoriques et l'intensité de transpiration de l'eau de plusieurs solutions diversement concentrées.

(1) A. P. Ilienkoff. *Ann. Chem. Pharm.*, 136, 1865, p. 160.
(2) G. Haberlandt, *Sitzungsberichte Akad. d. Wiss.*, *Wien*, I, 101, 1892, p. 785.
(3) W. C. Muenscher, *Americ. Journ. of Bot.*, 98, 1922, p. 311.

Comme substrat, nous avons pris 100$^{cm^3}$ de solution de phosphate monocalcique de concentration comprise entre 0,01 et 0,05 pour 100 calculée en P^2O^5. Dans chacun des vases de culture, nous avons planté six jeunes pieds d'*Hordeum distichum* ou de *Triticum vulgare*, ou bien deux pieds de *Zea mays* ou de *Pisum sativum*. C'est à dessein qu'on a employé un nombre relativement grand de plantes et une petite quantité de solution pour que les différences dans la transpiration de l'eau et dans la résorption des ions phosphoriques apparaissent le plus clairement possible. Les différences de l'intensité de transpiration ont été provoquées en effectuant les essais parallèlement à la lumière directe du soleil, à l'ombre et à l'obscurité. Les plantes ont été fixées à l'aide de couches d'ouate qui fermaient bien les vases de culture. A chacune des séries d'essais étaient ajoutés deux vases de solution fermés par de l'ouate mais dépourvus de plantes. Ces vases servaient de contrôle pour apprécier l'évaporation à travers le bouchon d'ouate et corriger les résultats obtenus avec les vases de cultures. A la place de solutions nutritives ordinaires, on a employé des solutions pures de phosphate monocalcique de manière à exclure le plus possible l'action due à la croissance des plantes. Pour la même raison, on fait des essais de courte durée; ordinairement cinq jours. [Dans ce bref intervalle de temps, il n'y a pas eu de différence visible dans le développement des racines.

L'acide phosphorique a été déterminé par la méthode colorimétrique de Bell-Döisy-Briggs (¹).

Les résultats de nos recherches, qui se rapportent aux dosages des quantités d'ions phosphoriques résorbées et d'eau évaporée par les plantes, après cinq jours de végétation, sont représentés par les Tableaux I et II.

TABLEAU I.

	De 100$^{cm^3}$ de solution renfermant en P^2O^5 :					
	0,010 °/₀ (*)			0,050 °/₀ (*)		
Plantes essayées.	à la lumière directe du soleil.	à l'ombre.	à l'obscurité.	à la lumière du soleil.	à l'ombre.	à l'obscurité.
Hordeum d....	6,56	6,56	6,78	26,91	27,20	26,62
Triticum v....	4,12	4,12	4,12	15,5	15,9	15,0
Zea mays.....	6,08	6,32	6,08	25,0	25,0	25,3
Pisum s.......	10,8	10,0	10,0	36,0	36,4	37,0

(*) Résorbé (en mg P^2O^5).

(¹) A. P. Briggs, *Journ. of Biol. Chem.*, 53, 1922, p. 13.

TABLEAU II.

Plantes essayées.	Eau transpirée en 5 jours, en centimètres cubes, la concentration en P^2O^5 étant : 0,010 % à la lumière directe du soleil.	0,010 % à l'ombre.	0,010 % à l'obscurité.	0,050 % à la lumière directe du soleil.	0,050 % à l'ombre.	0,050 % à l'obscurité.
Hordeum d.	51,9	29,1	13,0	44,0	21,6	11,5
Triticum v.	48,4	27,0	12,0	40,5	19,8	10,6
Zea mays	47,5	24,0	14,8	45,2	22,4	13,2
Pisum s.	28,2	16,1	10,2	24,6	13,3	10,8

Par la comparaison des Tableaux I et II, nous arrivons à la conclusion qu'entre la rapidité de la résorption des ions phosphoriques et l'intensité de la transpiration de l'eau n'existe aucune corrélation. Ainsi, par exemple, chez *Hordeum distichum* la résorption n'a pas augmenté, même quand l'intensité de la transpiration est devenue quatre fois plus grande. Un phénomène semblable s'observe avec les autres plantes essayées.

Ce n'est donc pas la quantité d'eau transpirée qui décide de la rapidité de résorption des ions phosphoriques, ce sont les propriétés spéciales des plantes. Bien que *Pisum sativum* ait transpiré une quantité presque deux fois moins grande que *Hordeum distichum*, il avait pourtant résorbé une quantité d'ions phosphoriques une fois et demie aussi grande pendant le même temps.

Les résultats de nos recherches démontrent clairement qu'il n'existe pas une relation directe entre le processus de résorption des ions et la transpiration et que, par conséquent, même la nutrition des plantes par les sels nutritifs ne dépend pas de l'intensité de la transpiration comme on le suppose souvent; la transpiration exerce seulement une influence indirecte sur les processus de résorption en tant qu'elle est une condition générale des processus physiologiques et du développement des plantes vertes.

GÉNÉTIQUE. — *Nouveaux hybrides interspécifiques chez les Iris et leur étude cytologique.* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. L. Blaringhem.

Nous avons fait connaître [1] la plupart des hybrides d'Iris qui ont été réalisés et décrits ou notés dans la littérature horticole. Il résultait de

[1] M. Simonet, *Bulletin biologique*, 66, 1932, p. 255-450.

notre enquête bibliographique que les hybrides interspécifiques sont nombreux dans ce genre; d'ailleurs, au cours de nos recherches cytologiques, dix-huit combinaisons génétiques différentes et une centaine de variétés horticoles hybrides purent être étudiées.

Nous signalons dans la présente Note quatre nouveaux hybrides : *I. macrantha* Hort. × *I. chamaeiris* Bert. var. *cyanea* Hort., *I. subbiflora* Brot. var. *major* Hort. × *I. macrantha* Hort., *I. Korolkowii* Reg. var. *violacea* Fost. × *I. pallida* Lam. et *I. Korolkowii* Reg. var. *violacea* Fost. × *I. germanica* Hort. var. *Archevêque* Hort. Vilm., lesquels correspondent à deux combinaisons caryologiques nouvelles. Dans ces quatre hybrides, les deux espèces parentes appartiennent à des groupes botaniques et géographiques différents : d'une part, les *I. chamaeiris* Bert. et *subbiflora* Brot. sont des Iris nains de la section *Pogoniris* (Iris barbu à graines sans arille), le premier est indigène dans le sud-est de la France, le second est originaire de l'Afrique du Nord, alors que l'*I. macrantha* est un grand Iris *Pogoniris* qui a été introduit de l'Asie Mineure; d'autre part, l'*I. Korolkowii*, de la section *Regelia* (Iris barbu à graines ornées d'une grosse arille blanche), est une espèce de l'Asie centrale (Boukharie), tandis que l'*I. pallida* croît spontanément dans le Tyrol.

Ces hybridations sont aussi intéressantes parce qu'elles ont été effectuées entre plantes offrant des nombres chromosomiques différents : $n = 20$, *I. chamaeiris* et *subbiflora*; $n = 24$, *I. macrantha*; $n = 11$, *I. Korolkowii violacea* et $n = 12$, *I. pallida*. Tous ces hybrides possèdent exactement, dans leur garniture chromosomique diploïde, la somme des compléments chromosomiques haploïdes des deux parents : $2n = 44$, *I. macrantha* ($n = 24$) × *I. chamaeiris cyanea* ($n = 20$) et *I. subbiflora major* ($n = 20$) × *I. macranhta* ($n = 24$); $2n = 23$, *I. Korolkowii violacea* ($n = 11$) × *I. pallida* ($n = 12$) et *I. Korolkowii violacea* ($n = 11$) × *I. Archevêque* ($n = 12$). De plus, l'examen d'un grand nombre de cinèses somatiques nous a permis de constater que les chromosomes ♀ et ♂ gardaient, chez les hybrides, leur entière individualité, car il a été possible de retrouver chez ceux-ci, par unité simple, des éléments de forme particulière que nous avions identifiés chez les parents.

C'est ainsi que chez les deux premiers hybrides, nous avons observé : 6 grands chromosomes en V et 4 satellites; soit : 2 grands chromosomes en V et 2 satellites apportés par les *I. chamaeiris* et *subbiflora* dont les garnitures chromosomiques sont analogues; 4 grands chromosomes en V et 2 satellites provenant de l'*I. macrantha*. Chez les deux derniers hybrides

nous avons trouvé : 1 très grand chromosome en V, 2 grands chromosomes en V et 3 satellites; soit : 1 très grand chromosome en V et 2 satellites d'origine maternelle; 2 grands chromosomes en V et 1 satellite de contribution paternelle. Tous ces éléments existaient respectivement par couples chez les parents. Ces observations nous permettent donc de constater la constance du nombre et de la forme des chromosomes ♀ et ♂ chez les hybrides.

Nous avons effectué tous ces hybrides, en 1931, sur des plantes cultivées au Service expérimental des Établissements Vilmorin; actuellement, ce sont encore de très jeunes plantes qui ne fleuriront, au plus tôt, que dans deux ou trois années. Néanmoins, nous voyons que lorsque chez un hybride les espèces parentes possèdent des garnitures chromosomiques différentes, les études cytologiques peuvent permettre, en première approximation, le contrôle immédiat de la réussite de l'hybridation du fait que l'hybride, d'une manière générale, doit contenir dans son stock de chromosomes somatiques la somme des compléments chromosomiques haploïdes des parents. Ce fait est important lorsqu'il s'agit de croisements entre plantes pérennantes ou arborescentes puisque nous avons la possibilité d'éviter la culture, pendant plusieurs années et jusqu'à leur analyse à l'état adulte, de plantes supposées hybrides, mais dont un premier examen caryologique aurait révélé l'inexactitude de l'hybridation.

Les deux premiers hybrides sont nouveaux, bien que nous ayons déjà suggéré que de tels hybrides aient pu être obtenus par J. Caparne et Goos et Koeneman chez les *Iris intermédiaires;* c'est d'ailleurs, dans l'espoir de faire leur synthèse, et de vérifier cette hypothèse, que nous avons tenté de réaliser ces hybridations. La réussite de ces hybrides et leur étude cytologique, nous permettent déjà de penser que notre supposition est des plus vraisemblables; la garniture chromosomique somatique observée chez ces deux hybrides étant en tous points semblable à celle que nous avons déjà décrite lorsque nous avons étudié les *Iris intermédiaires*. Ce n'est qu'au moment de la floraison, après étude de la réduction chromatique, que nous pourrons donner une conclusion définitive.

Les deux autres hybrides (*I. Korolkowii violacea* × *I. pallida* et *I. Korolkowii violacea* × *I. Archevêque*) sont particulièrement intéressants, les combinaisons caryologiques obtenues étant tout à fait nouvelles. Nous avons signalé ailleurs que parmi les espèces *Regelia* et *Pogoniris* il existe des types diploïdes et tétraploïdes. Nous avons déjà étudié les hybrides qui ont été réalisés entre *Regelia* diploïdes ($n = 11$) et *Pogoniris* tétraploïdes ($n = 24$),

entre *Regelia* tétraploïdes ($n = 22$) et *Pogoniris* tétraploïdes ($n = 24$); la combinaison que nous faisons connaître ici se rapporte au croisement *Regelia* diploïde ($n = 11$) et *Pogoniris* diploïde ($n = 12$). La dernière combinaison possible, *Regelia* tétraploïde ($n = 22$) et *Pogoniris* diploïde ($n = 12$), n'a pas encore été obtenue malgré de nombreuses tentatives. Ultérieurement, l'examen de la réduction chromatique de ces différents hybrides nous permettra d'étudier les relations biologiques exactes qui existent entre les Iris *Regelia* et les grands Iris *Pogoniris*.

ZOOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la multiplication asexuée d'une Annélide du genre* Dodecaceria. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. M. Caullery.

Sous les noms de *schizométamérie* et de *cténodrilisation*, nous avons signalé l'existence, chez *Dodecaceria*, d'un intéressant mode de schizogenèse par émiettement métamérique [1]. Chaque métamère adulte, bourré de grosses cellules à réserves acidophiles comparables aux éléocytes, s'isole et bourgeonne, en avant et en arrière, une série de jeunes segments. La série antérieure figure bientôt la partie avant d'une toute jeune *Dodecaceria*, tandis que l'autre série rappelle la région postérieure d'un individu un peu plus âgé. Alors le gros métamère générateur, avec ses longues soies adultes, simule le volumineux abdomen d'un petit être pourvu d'un long cou segmenté et d'une sorte de queue également métamérisée. Nos deux Notes précitées expriment l'opinion que chacun de ces petits êtres reproduit ultérieurement la forme adulte, et cette interprétation implique l'idée que le métamère adulte générateur, après ou sans remaniements, s'intègre dans la chaîne de chaque nouvelle *Dodecaceria* ainsi obtenue; il y aurait cténodrilisation.

Or, reprenant l'étude de la schizométamérie de *Dodecaceria* sur un matériel plus varié, récolté cette fois en octobre et non plus seulement en été, nous sommes amené à modifier notre première opinion. Nous pensons aujourd'hui qu'il ne se produit pas de cténodrilisation. Sans doute les petits êtres singuliers, constitués par un métamère adulte et deux parties avant et arrière en voie de bourgeonnement, peuvent vivre sous cette forme pendant deux mois environ; même, dès le début du second mois, ils s'ali-

---

(1) A. Dehorne. *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 143, et 184, 1927, p. 547.

mentent, car le fragment intestinal du segment adulte se met de bonne heure en communication, d'une part avec l'intestin du bourgeon antérieur déjà pourvu d'une bouche, et, d'autre part, avec celui du bourgeon postérieur muni d'un anus; bols alimentaires et excréments retrouvés dans l'un ou l'autre ne laissent pas de doute à cet égard. Mais un moment arrive où *ils se fragmentent en trois pièces :* la partie antérieure en voie de croissance, la partie postérieure dans les mêmes conditions, enfin le segment adulte ou métamère générateur.

Quand le schizozoïte antérieur se détache, il compte toujours le même nombre de segments, à savoir : le lobe céphalique, le segment buccal avec deux ébauches de palpes et parfois même celle d'un premier cirre branchial, dix segments sétigères et le pygidium. Au cours de sa formation, ce schizozoïte se trouve bourré, à l'exception des trois ou quatre premiers segments, d'éléocytes provenant du métamère générateur. Dès qu'il devient autonome, de nouveaux segments sont produits par sa zone de prolifération antépygidiale.

Le schizozoïte postérieur compte toujours lui aussi un nombre fixe de segments lorsqu'il se sépare : onze sétigères et le pygidium. Il est apparu comme un court et large bourgeon au bord ventral de la face postérieure du métamère générateur; ce bourgeon grossit rapidement et fournit quatre segments remplis d'éléocytes qui seront les plus volumineux de ce schizozoïte et correspondent aux segments moyens du jeune individu antérieur. Les quatre grands segments acquièrent des soies et ils sont suivis par un pygidium dont la zone proliférante assure la production des sept autres segments qui complètent ce zoïte postérieur avant sa séparation. En avant du premier segment, le bourgeonnement va reprendre, ce qui déterminera tout d'abord la chute du zoïte. Celui-ci, libéré, porte en avant une sorte de papille pédonculée, non segmentée, mais déjà pourvue d'un petit orifice buccal et qui va se transformer en une région antérieure de très jeune *Dodecaceria*.

Que devient le métamère adulte générateur? Son volume a diminué, son tégument s'est plissé profondément, mais il renferme encore d'abondantes cellules à réserves et sa portion de tube digestif. Il bourgeonne une deuxième fois, à sa face antérieure un schizozoïte à lobe céphalique en forme de gland et à sa face arrière un schizozoïte postérieur qui se détacheront à leur tour. Après quoi, fortement réduit et ratatiné, il semble appelé à disparaître, bien qu'il soit difficile d'acquérir une certitude sur ce point. En somme, chez les individus schizogénétiques de *Dodecaceria*, chaque schizométamère renferme un matériel histogénétique, des gonocytes et des

cellules à réserves en quantité suffisante pour produire quatre schizozoïtes, mais lui-même disparaît. La schizométamérie ne conduit donc pas ici à une cténodrilisation consécutive.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'évacuation des gaz de la vessie natatoire et le fonctionnement du canal pneumatique.* Note [1] de MM. **Étienne Rabaud** et **L. Verrier.**

Le canal pneumatique de la vessie natatoire a été considéré d'abord comme un organe permettant l'arrivée de l'air extérieur dans la vessie [Borelli [2], Redi [3], Moreau [4]. Guyénot [5], le dernier auteur, qui, à notre connaissance, en ait parlé, entreprend une série d'expériences sur le fonctionnement de cet organe, et conclut qu'il ne joue aucun rôle dans la pénétration des gaz à l'intérieur de la vessie. Il pense, au contraire, que le canal pneumatique permet la sortie des gaz en excès; un sphincter, chez les Cyprins, chez la Tanche tout particulièrement, fonctionnerait comme soupape de sûreté. Ces conclusions reposent sur les expériences et faits suivants :

Une Tanche soumise à une décompression progressive gagne la surface, et, pour une pression suffisamment faible, laisse échapper des bulles de gaz par la bouche; lorsque la pression redevient normale, l'animal tombe sur le fond, alourdi par la diminution de volume de la vessie. L'issue du gaz par le canal pneumatique correspondrait à une certaine pression à l'intérieur de la vessie. Pour une pression moindre, la tonicité du sphincter s'opposerait à la sortie des gaz. L'augmentation de la pression à l'intérieur de la vessie aurait une action inhibitrice déterminant le relâchement du sphincter. Le canal pneumatique jouerait donc un rôle de première importance dans les variations de volume de la vessie.

Un certain nombre de faits nous ont conduits à instituer des expériences de contrôle, non plus sur des physostomes normaux, mais sur des individus (Tanches, Carpes, Carassins) dont le canal pneumatique avait été supprimé physiologiquement, par une simple ligature serrée au milieu de sa longueur.

---

(1) Séance du 7 novembre 1932.

(2) Borelli, *De motu animalium ex uniquo principio statico deducta* (Lugduni Batavorum, 1685).

(3) Redi, *De Animalculis vivis, quæ in corporibus animalium vivorum reperientur observationes* (Amstelodami, 1708).

(4) Moreau, *Ann. Sc. nat. Zool.*, 4, 1876, p. 1-84.

(5) Guyénot, *Bull. biol. France, Belgique*, 43, 1909, p. 203-296.

Constamment, nous avons eu des résultats comparables à ceux que Guyénot obtint sur des physostomes non opérés : montée en surface et expulsion de bulles d'air par la bouche, pour des pressions déterminées et chute au fond, la vessie presque complètement vide de gaz, au retour de la pression normale.

Il est, du reste, possible de suivre les variations du volume de la vessie au cours de la décompression et de la recompression en l'extériorisant ou en pratiquant une fenêtre sur une des faces latérales de la paroi abdominale. Rappelons à ce sujet quelques-uns de nos résultats antérieurs : une Tanche est rendue physocliste, la poche postérieure de sa vessie est extériorisée au moment de l'expérience, sans modification sensible de ses rapports avec la poche antérieure. L'animal, ainsi préparé, est soumis à une décompression lente et progressive; il laisse échapper des bulles de gaz par la bouche dès que la pression atteint 558^{mm}. Cette pression continuant à s'abaisser, la bouche donne issue à une quantité de bulles de plus en plus grande; en même temps le volume de la partie extériorisée de la vessie diminue sensiblement, l'animal tend à gagner la surface et à y demeurer; il tombe au fond au retour de la pression normale; la vessie est alors aplatie. Nous avons fait les mêmes constatations sur une Tanche dont la deuxième poche de la vessie avait été extériorisée, mais dont le calcul pneumatique était intact. Il importe de souligner que, même dans ce cas, les premières bulles de gaz ont été rejetées par la bouche pour une pression très voisine (561^{mm}) de celle pour laquelle nous avions constaté ce phénomène au cours des expériences sur les Tanches rendues physoclistes. La vessie, presque complètement vidée, après décompressions et recompressions successives, met environ 48 heures pour reprendre son volume normal, que le canal pneumatique soit « perméable » ou ligaturé.

Soumis à des variations de pression, des physoclistes (Perches, Bentex, Muges, Sargues, Hippocampes) [1], des Cyprins privés de leur vessie (M.-L. Verrier, *C. R. Soc. Biol.*, 107, p. 1485), et des espèces normalement sans vessie (Ét. Rabaud et M.-L. Verrier, *C. R. Soc. Biol.*, 109, p. 1277) (Pleuronectes, Rascasses, Vives) présentent les mêmes faits; le trajet des gaz par la bouche est, au moins, aussi abondant chez les espèces normalement sans vessie que chez les autres.

Chez un certain nombre de physoclistes (Perches), il se produit, au cours de la décompression, une déchirure de la vessie que nous n'avons

(1) Ét. Rabaud et M.-L. Verrier, *Bull. St. biol. Arcachon*, 29, 1932, p. 1.

jamais observée dans le cas des Cyprins [1]. Cette déchirure résulte du fait que, chez la Perche, les parois latérales et dorsales de la vessie sont soudées aux parois du corps et subissent une traction, lors du gonflement abdominal observé chez toutes les espèces au cours de la décompression. La vessie des Cyprins est libre, au contraire, dans la cavité abdominale.

Ainsi, à supposer que le canal pneumatique joue un rôle dans les variations de volume de la vessie, ce rôle est pratiquement négligeable. Ces variations sont, avant tout, possibles grâce à la perméabilité des parois que les auteurs ont méconnue ou qu'ils n'ont pas voulu admettre.

Reste le sphincter pneumatique. Son existence même nous semble contestable. Nos préparations, comparées aux dessins de Guyénot, ne mettent en évidence rien qui puisse passer pour un sphincter; la tunique musculaire de la portion antérieure du canal pneumatique est le simple prolongement de la tunique œsophagienne.

En réalité, la perméabilité du canal est moindre que celle des parois de la vessie, et quand la pression augmente, c'est à travers cette paroi que filtrent les gaz. Il s'agit donc, non d'un complexe physiologique, mais d'un simple phénomène physique à la suite duquel une partie des gaz contenus dans la vessie passe dans la cavité générale ou est reprise par les tissus du Poisson.

EMBRYOGÉNIE. — *Les deux phases de la segmentation et la théorie du morcellement chez les Amphibiens.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il est généralement admis que, chez les Amphibiens, la segmentation de l'œuf n'est qu'un découpage qui laisse en place les localisations germinales fixées par la fécondation [Brachet [2]]. Les observations que j'ai faites sur *Discoglossus pictus* et l'examen comparatif des travaux parus sur la segmentation d'autres Amphibiens, conduisent à une interprétation différente.

1. Dans l'œuf prêt à se segmenter, la distribution des matériaux s'est accomplie sous une double influence : *a*, celle de la pesanteur qui les a stratifiés, suivant leur densité, en couches superposées de symétrie radiaire et perpendiculaires à l'axe vertical du développement; *b*, celle des courants plasmiques de régulation, nés de l'attraction des pronuclei, qui ont entraîné les substances les plus légères de ces couches (protoplasme, petits grains de

---

(1) Ét. Rabaud et M.-L. Verrier, *Bull. Soc. zool. de France*, 57, n° 4, 1932, p. 297.
(2) *L'œuf et les facteurs de l'ontogenèse*, 2e édit., 1931, p. 295. Paris, G. Doin.

pigment et de vitellus, plaques de glycogène, etc.), le long de la face opposée au spermaster, vers le pôle animal et, de là, en profondeur, vers la sphère plasmique périnucléaire. Ces courants passent ainsi, sur la face dorsale présumée, de bas en haut, à l'encontre de la pesanteur et l'on est en droit d'estimer que, parmi les particules qui, de toute la masse de l'œuf, se rassemblent du côté dorsal, celles qui sont plus lourdes que le plasma n'atteignent pas le pôle animal et se superposent au-dessus de l'équateur et des grosses plaquettes vitellines, plus ou moins haut, dans l'ordre de leur poids spécifique. Ces substances restées en route dans leur ascension, ont, comme nous allons le voir, une influence décisive sur la marche de la segmentation.

II. La segmentation des Amphibiens comprend, en effet, deux phases. La première met en jeu la seule activité du protoplasme, indépendamment de toute transformation des enclaves. C'est un découpage de l'œuf, si l'on veut, puisque celles-ci n'interviennent pas; mais il est loin d'être banal: car il est réglé, quant à la vitesse des divisions et au volume des blastomères, par la proportion relative de plasma pur et de réserves que contient chaque territoire ovulaire. L'œuf du Discoglosse suit la règle et montre, dans la *phase protoplasmique* de la segmentation, les phénomènes bien connus d'une division plus rapide, plus précoce et plus menue à la calotte animale que dans l'hémisphère végétatif, à la face dorsale qu'à la face ventrale.

La seconde phase est caractérisée par l'activité mitogénétique prépondérante des blastomères issus des macromères, au-dessus, au niveau et juste au-dessous de l'équateur. C'est la *phase métabolique* de la segmentation. Elle révèle le début des transformations de certains des constituants de l'œuf en substances activantes, en apports nucléaires.

Cette phase commence tôt chez le Discoglosse, à partir du stade 32, réalisé par les cinquièmes sillons; ceux-ci, comme le troisième qui avait séparé les micromères des macromères, sont dirigés dans le sens latitudinal. A ce moment, les 8 cellules sus-équatoriales, issues des macromères, sont de même volume, sinon plus petites, que les 8 cellules de la rangée basse des micromères. Les sixièmes sillons, méridiens, donnent 32 micromères et 26 macromères. La rangée haute de ceux-ci contient 16 cellules, dont les dorsales sont les plus petites de tout l'œuf; elles forment, au-dessus de l'équateur, une première couronne annulaire de cellules *palissadiques* (p^1). Les septièmes divisions des p^1 ne sont pas visibles: elles s'accomplissent en profondeur, comme celles des micromères, mais plus vite que celles-ci. Les septièmes divisions qui sont visibles à la surface de l'œuf sont en majorité latitudinales et séparent des gros macromères inférieurs, sous les p^1, une deuxième rangée, cette fois équatoriale, de cellules (p^2) qui, du côté dorsal, se délimitent plus tôt et sont plus petites que du

côté ventral; fait important, ces éléments sont, à la surface de l'œuf, les premiers à se diviser dans le sens méridien par les huitièmes sillons. L'activité mitogénétique des p^1 dorsaux est telle, qu'avant même que les p^2 ventraux ne soient complètement isolés, ils se doublent dans la hauteur par un huitième sillon latitudinal. On compte bientôt extérieurement trois rangées annulaires de cellules palissadiques, dont les deux plus élevées (p^1) contiennent les éléments les plus petits de l'œuf. Le dénombrement superficiel des blastomères donne, à ce moment, 68 micromères et 86 macromères. Une nouvelle émission de cellules palissadiques a lieu du côté dorsal.

Les coupes pratiquées au début de la morula montrent que les blastomères les plus nombreux et les plus petits ne sont pas les micromères, mais les macromères dorsaux de la région équatoriale.

Les auteurs qui ont étudié la segmentation ont confondu les cellules palissadiques avec les micromères (épibolie de Morgan), ou admis leur similitude après un certain nombre de divisions (Brachet, Raposo, etc.). Aucun n'a reconnu en elles les véritables initiatrices des proliférations blastuléennes. D'accord avec Brachet sur le principe du rapport étroit qui lie le sort des blastomères à leur position, c'est-à-dire à la qualité des matériaux qu'ils contiennent, je me sépare de lui quand il fait de ceux-ci le substratum de localisations germinales déjà déterminées et qu'il considère le croissant gris comme le centre primitif d'organisation. Ce qui est fixe dans l'œuf d'une espèce d'Amphibien, ce n'est pas le croissant gris, dont le lieu varie avec la pigmentation, mais la position respective du protoplasme et des enclaves, telle qu'elle résulte de l'action combinée de la pesanteur et des courants de régulation; chez des espèces différentes, le siège initial de l'activation mitogénétique dévolue aux macromères, est d'autant plus élevé, le nombre des rangées palissadiques qui en émanent d'autant plus grand, que l'œuf contient davantage de réserves vitellines.

Dans sa phase métabolique, la segmentation n'est donc pas un morcellement. A cette conception doit être substituée celle d'une transformation précoce de certains constituants cellulaires, placés au plus haut de la zone marginale de Götte, dans les macromères palissadiques dorsaux, point de départ des divisions accélérées qui mènent à la gastrulation.

A 16h15m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DU MOIS D'OCTOBRE 1932.

Hommes et choses de sciences. Propos familiers. 2e série, par MAURICE D'OCAGNE. Paris, librairie Vuibert, 1932; 1 vol. 19cm.

L'azéotropisme. La tension de vapeur des mélanges de liquides. Bibliographie, par MAURICE LECAT. Bruxelles, Maurice Lamertin, 1932; 1 vol. 24cm,5.

Idee Nuove e Concetti Vecchi per la Cura e Profilassi delle Malattie Infettive finora conosciute, par MARIO BATTAGLIA. Napoli, A. de Fredi, 1932; 1 fasc. 24cm.

Le Magnétisme. Rapports et discussions du VIe Conseil de physique tenu à Bruxelles du 20 au 25 octobre 1930. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 25cm,5.

L'Institut national météorologique de Pologne. Organisation du Bureau central météorologique. Observatoire aérologique. Observatoire maritime. Station magnétique, par JEAN LUGEON. Varsovie, Drukarnia Panstwowego Instytutu Meteorologicznego, 1932; 1 vol. 24cm.

Les mines et les carrières en Algérie, par D. DUSSERT et G. BÉTIER. Paris, Larose, 1932; 1 vol. 24cm.

Sapotaceæ et *Loranthaceæ*, par H. LECOMTE. In *Catalogue des plantes de Madagascar*. Tananarive, imprimerie G. Pitot et Cie, et Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1932; 2 fasc. 25cm,5.

Introduction à la géométrie infinitésimale directe, par GEORGES BOULIGAND. Paris, librairie Vuibert, 1932; 1 vol. 25cm,5.

Nomogrammes à l'usage des chimistes, par ERNST BERL. Paris, Chimie et Industrie, s. d.; 31 tableaux, 30cm,5.

Les oiseaux de l'Indochine française, par J. DELACOUR et P. JABOUILLE. Paris, Exposition coloniale internationale, 1931; 4 vol. 28cm,5.

L'influence solaire et les progrès de la météorologie, par HENRI MÉMERY. Résultats de 50 années d'observations solaires et météorologiques comprenant les observations et les recherches effectuées à Talence, à partir de 1900. Talence, Observatoire de physique solaire et de météorologie, 1932; 1 fasc. 24cm,5.

Untersuchungen über den Bau normaler und durch calcium und phosphorarme Nahrung veränderter Rinderknochen, par ARNOLD THEILER. In *Mémoires* de la Société helvétique des Sciences naturelles. Vol. LXVIII, Mém. 1. Zurich, Druck von Gebrüder Fretz, 1932; 1 vol. 31cm.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie. Vol. VIII, 2e partie, années 1927-1928; Vol. IX, année 1929. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931, 1932; 2 vol. 28cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par ALBERT Ier,

prince souverain de Monaco. Fasc. LXXXIV; *Recueil de travaux publiés sur ses campagnes scientifiques.* Fasc. LXXXV; *Annélides Polychètes provenant des campagnes de l'*HIRONDELLE-II (1911-1915). Imprimerie de Monaco, 1932; 2 vol. 36^{cm}.

Actualités scientifiques et industrielles. Exposés de physique théorique :

— *Sur une forme plus restrictive des relations d'incertitude*, d'après MM. Landau et Peierls, par LOUIS DE BROGLIE, fasc. 1;

— *La projection de noyaux atomiques par un rayonnement très pénétrant. L'existence du Neutron*, par IRÈNE CURIE et F. JOLIOT; fasc. 2;

— *État actuel de la théorie du Neutron*, par JEAN-LOUIS DESTOUCHES, fasc. 3;

— *Origine des rayons Gamma. Structure fine du spectre magnétique des rayons Alpha*, par SALOMON ROSENBLUM, fasc. 4;

— *Mécanique quantique et causalité*, d'après M. Fermi, par ANDRÉ GEORGE, avec remarques de M. Louis de Broglie, fasc. 5. Paris, Hermann et Cie, 1932; 5 fasc. 25^{cm},5. (Présentés par M. M. de Broglie.)

Esquisse d'une histoire du système sexagésimal, par F. THUREAU-DANGIN. Paris, librairie orientaliste Paul Geuthner, 1932; 1 vol. 23^{cm}.

Caractéristiques des systèmes différentiels et propagation des ondes, par TULLIO LEVI-CIVITA. Paris, librairie Félix Alcan, 1932; 1 vol. 20^{cm},5.

La théorie atomique et la description des phénomènes, par NIELS BOHR. Paris. Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

La propagation des ondes électromagnétiques. Exposé des connaissances acquises. Synthèses des idées et des théories, par PAUL LABAT. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉCONOMIE FINANCIÈRE. — *La crise mondiale et l'étalon-or.* Note [1] de M. CH. LALLEMAND.

Actuellement le monde entier souffre d'une crise économique sans précédent. Elle atteint toutes les sources de la richesse et menace même de faire sombrer notre civilisation. De tous côtés, on s'efforce d'en éclairer les origines et d'en découvrir les remèdes.

A ce propos, je me permets de rappeler que, dans son *Traité de la Monnaie*, le grand astronome Copernic, il y a 400 ans, déclarait que « de toutes les causes de l'abaissement des nations, l'une des plus importantes, mais que très peu de personnes comprennent, est la dépréciation de la monnaie, qui, sans violence et par des voies cachées, conduit les empires à leur perte ».

Cette vue, véritablement prophétique, trouve, dans la situation actuelle, sa pleine confirmation.

De toute évidence, en effet, la sécurité des transactions de toutes natures exige absolument l'invariabilité des étalons servant à la mesure des éléments dont elles sont l'objet.

Depuis plus d'un siècle, pour les étalons de longueurs, de surfaces, de volumes et de poids, cette invariabilité, dans la plupart des pays civilisés, avait été assurée par l'adoption du Système métrique et par la création de Services publics, dits des Poids et Mesures, ayant mission de vérifier l'exactitude des copies de ces étalons, employées dans le commerce.

---

(1) Séance du 14 novembre 1932.

D'autre part, dans la presque totalité des États, 52 sur 58, l'*unité monétaire*, c'est-à-dire l'étalon des valeurs, de beaucoup le plus important de tous, était légalement et exclusivement définie par un poids déterminé d'or fin (¹).

Mais, tandis que les étalons secondaires basés sur le *mètre international* échappaient à toute intervention arbitraire, les États conservaient intégralement le contrôle de leur *étalon monétaire* et, par une inexplicable aberration, en profitaient pour substituer, non par une loi mais en fait, à leur étalon-or, sous la forme du *Billet de Banque*, un pseudo-étalon de papier, échangeable à vue contre le poids d'or dont il était la représentation.

Cet état de choses régna jusqu'en 1914, sans présenter d'inconvénients appréciables, la convertibilité en or étant assurée. Mais, dès que les finances des États en guerre se trouvèrent gênées, cette convertibilité fut suspendue et, à la suite d'émissions massives de Billets non garantis, les pseudo-étalons de papier, soumis aux aléas de la loi de l'offre et de la demande, perdirent progressivement de leur valeur sur le marché international des changes, entraînant dans leur chute, avec les créances de toute nature faussement basées sur eux, la confiance des épargnants et l'économie entière des pays intéressés.

Telle est bien, avec des exceptions chaque jour plus rares, la situation mondiale actuelle.

Dès lors, le premier remède à y apporter consiste, évidemment, à rétablir l'étalon-or sous une forme qui le mette à l'abri de la spéculation, c'est-à-dire sous la forme d'un *étalon unique*, *international comme le mètre*.

Cet étalon pourrait être le *gramme d'or fin*, auquel on donnerait le nom de *kriso* (du grec *Chrysos*, or) sans qu'il soit d'ailleurs nécessaire de le réaliser matériellement. On l'emploierait exclusivement comme *monnaie de compte*. Les créances exprimées en krisos seraient réglées au moyen des monnaies nationales actuelles (or ou papier) conservées sans changement.

Ces dernières seraient comptées pour leur pleine valeur nominale si la convertibilité en or était assurée. Dans le cas contraire, elles seraient acceptées seulement pour la valeur-or que, au moment du paiement, elles représenteraient sur le marché international des changes.

En tout cas, — et c'est pour l'avenir la chose essentielle — les contrats

(¹) Voir *Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année* 1932. Tableau des Unités monétaires, p. 429.

financiers de toutes natures, exprimés en krisos, se trouveraient de la sorte soustraits à toute répercussion éventuelle des défaillances monétaires nationales.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Remarques à propos d'une Note de M. Schérer sur le dichroïsme circulaire magnétique et sur la dispersion rotatoire magnétique.* Note de M. **A. Cotton.**

Ce numéro des *Comptes rendus* contient (p. 950) une Note sur des mesures que vient de faire M. Schérer, avec le grand électro-aimant de Bellevue, sur des solutions aqueuses de chlorure de cobalt. M. Schérer trouve que dans ces solutions il existe un dichroïsme circulaire magnétique positif : lorsqu'un faisceau lumineux s'y propage parallèlement au champ les vibrations circulaires ayant le sens des courants d'Ampère sont moins absorbées que les vibrations de sens inverse.

Comme l'indique M. Schérer, j'avais autrefois décrit des expériences faites précisément pour rechercher ce dichroïsme circulaire magnétique — et pour étudier aussi la dispersion rotatoire magnétique près des bandes — sur divers liquides colorés. En ce qui concerne le dichroïsme circulaire magnétique, mes essais avaient été infructueux; ils avaient porté pourtant, entre autres liquides, précisément sur les solutions aqueuses de chlorure de cobalt. Les champs employés étaient en effet, dans des entrefers comparables, environ dix fois plus faibles, et avec la méthode optique employée, moins sensible de son côté que celle employée aujourd'hui, ce dichroïsme ne pouvait en aucune façon apparaître.

En ce qui concerne les liquides présentant de *larges bandes* d'absorption (comme celle du chlorure de cobalt) le seul cas connu jusqu'ici de dichroïsme magnétique était celui que nous avions trouvé Mouton et moi [1] en étudiant les propriétés magnéto-optiques de solutions *colloïdales* d'hydroxyde ferrique : il ne s'agissait pas de solutions véritables. Wood a bien trouvé le dichroïsme magnétique dans une solution de chlorure de praséodyme, et beaucoup plus nettement, sur du nitrate de néodyme à l'état fondu. Mais dans ce cas on le constatait près des bandes d'absorption étroites qui caractérisent ces corps : or on sait, particulièrement depuis les recherches de Jean Becquerel, que ces bandes étroites, ces

[1] *Annales de Physique et de Chimie*, 11, 1907, p. 289.

raies plutôt, subissent elles-mêmes des changements remarquables sous l'action du champ magnétique. Il n'est pas douteux que maintenant qu'on dispose de moyens d'action plus puissants on pourra retrouver le dichroïsme magnétique sur d'autres corps présentant, comme le chlorure de cobalt, des bandes larges qui, lorsqu'on les examine directement, paraissent insensibles à cette action.

Dans le même travail, j'avais étudié la dispersion rotatoire magnétique de divers liquides colorés. Parmi ces liquides, les uns étaient paramagnétiques (solutions alcooliques de chlorure ferrique anhydre; solutions aqueuses de nitrate de cuivre, d'acétate de cuivre, de chlorure de nickel, de chlorure de cobalt, de chlorure chromique); les autres diamagnétiques (solution d'iodomercurate de sodium, perchlorure d'antimoine).

Les solutions de chlorure chromique et de chlorure de cobalt avaient été les seules pour lesquelles j'avais pu faire quelques mesures des deux côtés d'une bande, sans avoir pu faire des mesures dans l'intérieur même : j'indiquais pour le chlorure de cobalt que la rotation magnétique était nettement supérieure à celle de l'eau pour la radiation 562 située au commencement de la bande d'absorption du côté du rouge, tandis que pour la radiation 437 située de l'autre côté elle n'en différait que d'une quantité de l'ordre des erreurs d'expériences. Le chlorure chromique se comportait tout à fait de même.

Les valeurs trouvées par M. Schérer dans cette région montrent qu'on ne pouvait pas en effet pour le sel de cobalt, dans les conditions où j'opérais, donner des résultats plus précis. Cependant, en comparant les courbes de dispersion rotatoire relatives aux divers liquides étudiés, je remarquais que dans tous les cas l'influence d'une bande d'absorption sur la courbe de dispersion rotatoire apparaissait nettement, se traduisant par une déformation systématique de la courbe qui rappelle dans cette région une courbe de dispersion rotatoire ordinaire. Sur les deux bords d'une bande d'absorption, la dérivée $d\rho/d\lambda$, où ρ est la rotation, a le même signe; elle est *négative* et elle a une valeur absolue élevée.

Ces résultats pouvaient, comme je l'indiquais alors, être expliqués très simplement en admettant que les maxima d'absorption des deux vibrations circulaires privilégiées étaient tous deux à la même place dans le spectre, mais que les deux courbes représentant les valeurs de n'/λ et de n''/λ (n' et n'' étant les indices correspondants) étaient modifiées par l'absorption en présentant toutes deux un point d'inflexion dans la région où celle-ci est la plus forte.

Peu après la découverte de Zeeman on a trouvé, comme chacun sait, qu'au voisinage des raies présentant ce phénomène, on constate de grandes rotations magnétiques et de grandes valeurs de la dérivée $d\rho/d\lambda$; mais cette dérivée avait cette fois des deux côtés de la raie modifiée *des signes opposés*. Le même raisonnement simple s'appliquait encore dans ce cas en tenant compte de ce que les deux maxima d'absorption ne coïncidaient plus; il rendait même compte, dans le cas d'une raie devenant un doublet pur, à la fois des grandes rotations positives observées à l'extérieur et des rotations négatives que Zeeman a trouvées à l'intérieur même du doublet.

Ce mode particulier de dispersion rotatoire magnétique était celui que faisait prévoir la théorie de la rotation magnétique fondée sur l'effet Hall. Beaucoup de physiciens admirent avec Voigt que cette théorie était la seule à conserver, et qu'il fallait abandonner l'autre théorie alors proposée, celle des courants moléculaires de Drude. Cette dernière théorie expliquait pourtant les anomalies près des bandes telles que je les avais signalées. En outre il avait paru depuis des travaux où divers physiciens, Siertsema, Wood, Elias, etc. signalaient des cas analogues de dispersion rotatoire magnétique. En rappelant en 1923, dans une Notice sur mes travaux scientifiques, l'ensemble de ces travaux, je m'étonnais qu'ils n'aient pas attiré davantage l'attention des théoriciens et j'exprimais le vœu qu'ils puissent être continués avec le grand électro-aimant dont je demandais alors la construction.

Depuis, en Angleterre, Roberts a publié plusieurs Mémoires [1] sur la dispersion rotatoire magnétique des solutions de sels de cobalt et de nickel, mettant nettement en évidence, et en les précisant, des anomalies semblables à celles que je signalais autrefois. Roberts a peu étudié le chlorure de cobalt, mais ses mesures très soignées sur les rotations des solutions du sulfate et du chlorate mettaient déjà nettement en évidence des changements de signe des rotations magnétiques attribuables au sel dissous.

La courbe de dispersion rotatoire magnétique qu'apporte à son tour M. Schérer, pour le chlorure de cobalt, marque un nouveau progrès, parce que les mesures ont pu être faites dans les régions de forte absorption avec des radiations plus nombreuses. Non seulement les champs employés sont plus intenses mais l'auteur a profité de l'appareil à haute fréquence produisant des radiations monochromatiques, si précieux pour ces mesures

(1) ROBERTS, *Phil. Mag.*, 44, 1922, p. 912; 49, 1925, p. 397; 9, 1930, p. 361.

polarimétriques, que M. Félix Esclangon a réalisé et qu'il a bien voulu faire construire pour le laboratoire de Bellevue.

Les courbes données par M. Schérer rappellent tout à fait celles qu'on obtient avec des liquides dichroïques naturellement actifs : on remarquera que la règle donnée par Natanson dans le cas de ces liquides, et à laquelle il arrivait par sa théorie, est encore applicable ici. Cette règle permet de déduire du sens du dichroïsme les signes des rotations observées de part et d'autre du maximum. Le raisonnement simple qui permet de retrouver cette règle [1] en admettant que les maxima d'absorption sont à la même place pour les deux sortes de vibrations, s'applique encore ici.

Dans ses derniers Mémoires Roberts se place surtout au point de vue de la comparaison des résultats avec ceux des théories publiées plus récemment sur la dispersion rotatoire magnétique, particulièrement celle de Ladenburg parue en 1927. Cette théorie, comme les travaux qui ont suivi, de Heisenberg et de Kramers, a été faite surtout pour expliquer les résultats des belles recherches de J. Becquerel, et de J. Becquerel et de Haas sur les rotations magnétiques des sels des terres rares. Dans ces travaux théoriques, on part de la remarque que les sels utilisés pour ces recherches renferment tous des atomes paramagnétiques. Pour un assez grand nombre de physiciens, actuellement, c'est seulement dans le cas de ces atomes paramagnétiques que l'on pourrait observer des anomalies ayant les caractères de celles trouvées par M. Schérer.

Je voudrais dire en terminant que cette conclusion me semblerait prématurée, qu'il ne faudrait pas inversement s'attendre à trouver toujours pour ces atomes les résultats de M. Schérer. Les diverses bandes d'absorption, aussi bien pour les corps diamagnétiques que pour les corps paramagnétiques, forment diverses classes, ayant des caractères distincts qui conduisent à leur attribuer des explications différentes. On dit souvent que c'est seulement dans le cas des corps paramagnétiques que l'on peut observer des rotations magnétiques négatives : on connaît aujourd'hui des exceptions très nettes à cette règle. D'autre part, dans le travail ancien rappelé aujourd'hui j'indiquais que, pour des corps diamagnétiques aussi, on observait près de la bande une dispersion rotatoire magnétique extrêmement marquée, les rotations variant plus vite que $1/\lambda^4$. La dérivée $d\rho/d\lambda$

---

[1] *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 245.

a-t-elle toujours des signes opposés des deux côtés d'une bande isolée, pour ces corps diamagnétiques? On n'en sait rien encore aujourd'hui : l'expérience n'a pas été faite.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la fabrication de l'oxygène industriel.* Note ([1]) de M. **Georges Claude**.

Je voudrais mettre l'Académie au courant de progrès remarquables accomplis ces temps derniers dans l'industrie de la séparation des éléments de l'air par voie de liquéfaction.

Cette industrie, en effet, vient d'être en Allemagne, de la part de M. Frankl, l'objet de tels perfectionnements, surtout relativement à l'obtention de l'*air suroxygéné*, que celui-ci peut désormais prendre dans l'industrie métallurgique et dans la grande industrie chimique la place que j'ambitionnais pour lui dès 1900 ([2]), avant que les beaux travaux du professeur Linde sur la rectification n'ouvrissent la voie de l'oxygène pur.

Malgré beaucoup d'efforts, les *échangeurs de températures*, universellement employés jusqu'ici dans cette industrie, provoquent la perte de froid principale du processus, en raison de l'écart de températures inévitable entre les gaz entrants et sortants, et qui, surtout aux basses pressions, atteint dans la pratique 4 à 5°.

A la grande surprise des spécialistes, le point de départ éminemment fécond de M. Frankl a consisté dans la substitution, aux échangeurs à fonctionnement continu, des *régénérateurs de chaleur* à fonctionnement intermittent basés sur le principe dès longtemps indiqué par Siemens et couramment appliqué dans la production des hautes températures. Il est appliqué ici en faisant passer *alternativement* et en sens contraire dans chaque générateur l'un des gaz séparés, oxygène ou azote, *puis* une fraction correspondante de l'air comprimé. Il y a pour *chaque* gaz *deux* régénérateurs : tandis que l'oxygène, par exemple, passe dans un sens à travers l'un des deux régénérateurs qui lui sont affectés, et s'y réchauffe, la fraction correspondante de l'air comprimé passe en sens contraire dans le second régénérateur et s'y refroidit. Toutes les 100 secondes environ, des soupapes inversent automatiquement les régénérateurs. La supériorité des régénérateurs tient à ce qu'on peut, dans un volume donné,

([1]) Séance du 14 novembre 1932.

([2]) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 447.

réaliser une surface de contact entre gaz et métal beaucoup plus grande qu'avec les échangeurs. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un empilement de galettes constituées par des rubans métalliques ondulés enroulés en spirale : Pour assurer le passage des gaz entre les rubans, ceux-ci sont ondulés. Pour maintenir l'écartement des rubans, ils sont ondulés obliquement, le sens de l'obliquité alternant d'un ruban à l'autre.

Par ces dispositions, l'écart de températures au bout chaud entre les gaz entrants et sortants a pu être réduit au chiffre très faible de 1°,25.

En outre, les régénérateurs, en raison de leur grande section et de leur faible longueur, donnent lieu à une perte de charge inférieure à celle occasionnée par les échangeurs.

Comme conséquence de ces faits et d'une technique très poussée au point de vue thermodynamique, et dont nous reparlerons, la pression de fonctionnement des grands appareils à oxygène *tombe de 12 à 5 atmosphères.*

En dehors de cette baisse de pression si remarquable, le dispositif de M. Frankl réalise un autre résultat fort intéressant et quelque peu inattendu.

En général, plus la pression de fonctionnement d'un appareil à oxygène, donc plus la dépense d'énergie de la séparation est faible, plus est grande l'importance relative de la décarbonatation et de la dessiccation dans le coût du produit, surtout celle de la dessiccation, puisqu'il y a par tonne d'air traité *d'autant plus* d'eau à enlever que la pression est plus faible.

Dans les appareils Frankl, où la pression est si faible, la dépense de décarbonatation et de dessiccation doit donc être très grande et diminuer l'intérêt du procédé. Or *elle est nulle.* Elle est nulle pour cette raison très simple que l'air comprimé à traiter, puis les gaz séparés, faisant successivement en sens inverse le même chemin dans les régénérateurs, tout le givre et tout l'acide carbonique déposés par le premier à l'aller sont enlevés par les seconds au retour, d'autant plus aisément que leur volume est bien plus grand et leur capacité d'enlèvement multipliée d'autant [1].

Au point de vue de l'*oxygène pur*, si nécessaire aujourd'hui à l'industrie, le procédé Frankl présente un petit inconvénient : les premières portions de cet oxygène qui circulent dans un régénérateur après une inversion s'y

---

(1) En pratique, il y a cependant encore une petite difficulté à enlever ainsi le CO de la totalité de l'air; il faut en décarbonater chimiquement la dixième partie environ : cette sujétion ne me paraît pas correspondre à une nécessité théorique et on la supprimera sans doute.

mélangent à l'air qui les a précédés, ce qui nuit à la très grande pureté. Quand celle-ci sera nécessaire, on remplacera les régénérateurs à oxygène par un échangeur : l'oxygène ne représentant que 1/5ᵉ de l'air, l'avantage du procédé en sera peu affecté.

Une raison analogue empêche le procédé Frankl d'être un procédé à *azote pur* très avantageux, car on ne peut appliquer à l'azote, qui représente les 4/5ᵉ de l'air traité, le même remède qu'à l'oxygène sans faire disparaître la raison d'être du procédé. Le seul moyen d'arriver à l'azote très pur est de purger les gaz après chaque inversion.

Par contre, les avantages du procédé Frankl sont spécialement manifestes quand il s'agit d'oxygène impur, d'*air suroxygéné*, comme celui dont on envisage l'emploi pour la métallurgie et d'autres industries.

Je signale avec satisfaction que, alors qu'en matière d'oxygène pur mon procédé de la *double rectification* [1] est devenu d'un emploi général, M. Frankl, dans sa recherche très poussée de tous les moyens propres à diminuer la dépense d'énergie dans cette fabrication de l'air suroxygéné, a été conduit aux diverses directives que j'ai formulées autrefois et dont certaines, trop en avance sur les besoins, n'avaient pas encore été appliquées : emploi de la détente avec travail extérieur pour produire le froid, et récupération de ce travail [2]; relèvement de la température des gaz avant leur entrée au détendeur pour améliorer le rendement de la détente [3]; emploi du *retour en arrière* pour séparer directement l'air en un liquide oxygéné à 47 pour 100 et en azote gazeux résiduel [4]; évaporation progressive du liquide à 47 pour 100 par circulation dans des compartiments successifs autour du faisceau de retour en arrière, les parties les plus condensables de l'air traité étant ainsi liquéfiées par le liquide le plus chaud et les parties les plus rebelles par le liquide le plus froid [5]; refroidissement sous pression du liquide produit avant son déversement au sommet du faisceau [6].

Cependant, alors que l'importance des pertes de froid de mes appareils de l'époque me forçait à produire le froid par détente partielle de l'air com-

(1) Brevet français du 3 janvier 1903. Voir aussi *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 823, et *Air liquide, oxygène, azote* (Dunod, Paris 1909), p. 360 et 376.

(2) Voir en particulier *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 1568.

(3) Voir entre autres *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 762.

(4) *Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 783. Voir aussi *Air liquide, oxygène, azote*, p. 352 et suiv.

(5) Voir en particulier *Air liquide, oxygène, azote*, p. 354.

(6) Brevet français 9 février 1910.

primé, traité *avant* son entrée dans la colonne de séparation (br. fr. 23 mars 1909), d'où la nécessité d'une pression plus élevée, la perfection des appareils de M. Frankl lui permet d'éviter cette surpression et de se contenter de détendre dans les conditions convenables l'azote produit, qui sort en effet du faisceau de retour en arrière sous la pression initiale. On obtiendrait même ainsi dans les grands appareils un excès de froid si l'on n'abaissait la pression de fonctionnement en faisant un vide partiel sur le bain d'oxygène ([1]).

L'énergie récupérée par la détente de l'azote sert à surpresser la partie de l'air comprimé destiné à alimenter le liquéfacteur, et à augmenter ainsi le réchauffement de l'azote avant son entrée au détendeur.

Les beaux travaux de M. Frankl ont fait déjà, après leur mise au point, l'objet d'une réalisation pratique importante : un appareil traitant par heure 11000$^{m^3}$ d'air a été construit avec le concours de la Société Linde et de la Société L'air Liquide, la teneur de l'oxygène obtenu est de 45 pour 100, celle de l'azote de 97 pour 100 et la dépense d'énergie en marche normale ressort à 0,120 kilowatt-heure par mètre cube d'air à 45 pour 100, le résultat pratique étant un abattement de 45 pour 100 dans le prix de l'air suroxygéné, obtenu jusque-là par addition d'air à l'oxygène pur.

Cet appareil fonctionne à Oberhausen. L'air suroxygéné produit sert actuellement à des essais dans un petit haut fourneau. On a déjà obtenu dans d'excellentes conditions certains ferro-alliages.

GÉOGRAPHIE. — *La circumnavigation de l'Archipel de François-Joseph par le Nord.* Note ([2]) de M. J. SCHOKALSKY.

Tout dernièrement j'ai appelé l'attention de l'Académie (*Comptes rendus*, 8 août 1932) sur le fait exceptionnel d'une amélioration, probablement périodique du climat polaire. Maintenant je signale à l'Académie une preuve incontestable de cet état de choses.

Les annales des explorations polaires connaissent seulement deux cas de passage de navires au nord de l'Archipel de François-Joseph; c'est le

([1]) Comme indiqué dans le certificat d'addition du 12 février 1904 à mon brevet du 3 juillet 1903.

([2]) Séance du 10 octobre 1932.

Fram en 1895 et le brick *Sainte-Anne* de M. Broussilov (perdu sans nouvelles) en 1914. Mais ces deux navires étaient emprisonnés par les glaces et marchaient à la dérive avec ces dernières.

Actuellement, en connection avec l'Année Polaire Internationale, l'U. S. S. R. organisa plusieurs expéditions océanographiques et entre autres l'Institut Océanographique de Moscou envoya une expédition sous la direction de M. N.-N. Zubov, océanographe et marin, pour une croisière dans les parages de l'Archipel de François-Joseph.

Le bateau à voile *Knipovitch* de l'expédition a un déplacement de 100 tonnes et un moteur de 125 CV; son capitaine était M. S. Popov. L'expédition longea le méridien de la baie de Kola jusqu'à la Terre de Gilles (80° N), puis, elle tourna vers l'Est, visita l'île de Victoria, où l'on débarqua et arbora l'étendard de l'U. S. S. R. Marchant vers l'Est on approcha la Terre Alexandre (archipel de Fr.-Joseph) et d'ici on longea le méridien de 42° Est jusqu'à la latitude de 82°5' N (où en avril 1874 Payer était venu à pied sur les glaces). A ce point on tourna à l'Est et, continuant à marcher dans cette direction, on contourna, le 1er septembre, l'archipel de Fr.-Joseph par le Nord et, pendant le 2 et le 3 septembre, par l'Est. Puis on visita l'île de Vizé et le cap Zhélanié à l'extrémité Nord de l'île de Novaja Zemlja. Le 21 septembre, on retourna à la baie de Kola sans aucune avarie. Durant 34 jours de navigation, on a eu 38 stations océanographiques et l'on effectua environ 400 sondages. On récolta 48 boudins découpés dans le fond de la mer d'une longueur de 10 à 48cm.

Le fait même qu'un si petit navire a accompli pour la première fois la circumnavigation de l'Archipel de François-Joseph en longeant le parallèle de 82° N, prouve déjà que l'état des glaces, dans des parages aussi septentrionaux, était favorable, quoique le bateau ait dû frayer son chemin à travers la banquise, surtout à l'est de l'Archipel, avec beaucoup de difficulté et déployant une grande persévérance et un grand savoir de navigation dans les glaces.

Les sondages océanographiques ont démontré que l'eau chaude de la branche du courant Atlantique (partie océanique du Gulf Stream) a pénétré entre le Spitsberg et l'Archipel de François-Joseph, ainsi qu'entre ce dernier et l'île de Vizé, où, à la profondeur de 200m, on observa la température de + 2°C.

L'expédition vérifia l'hypothèse de M. Zubov que la température du courant de Nordcap puisse servir à prédire l'état des glaces dans la mer de

Barenz au cours de la même année, ainsi que le même fait, plus loin vers l'Est, deux années d'avance.

Il faut ajouter que certainement l'audace, le savoir-faire et la persévérance du chef de l'expédition, M. N. Zubov, sont pour beaucoup dans l'accomplissement d'une pareille croisière réalisée pour la première fois sur un si petit bateau.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les variations de l'*Helianthus Dangeardi *à la cinquième génération.* Note de M. **Lucien Daniel**.

Malgré l'humidité et la température défavorables de l'automne 1931, j'ai pu à la fin d'octobre récolter quelques graines sur divers pieds d'*Helianthus Dangeardi* provenant de la quatrième génération de cette variété, cultivée en mélange avec ses congénères, l'*H. Mangini* et l'*H. Costantini*. Comme ces trois types proviennent de la lutte pour la vie du Topinambour greffé sur le Soleil annuel, leur croisement, s'il s'était effectué par hasard, ne pouvait introduire un nouveau facteur de variation. Semées le 8 avril 1932, ces graines de cinquième génération fournirent onze germinations qui, comme aux générations précédentes, présentèrent au cours de leur développement des différences de forme, de largeur, de couleur et de symétrie, soit dans l'appareil végétatif, soit dans l'appareil reproducteur. Parmi ces variations, quatre sont particulièrement intéressantes.

1. *Hérédité des caractères acquis.* — Quatre exemplaires sur onze ont donné, en nombre variable, des tubercules aériens coexistants avec des tubercules souterrains lisses, jaunes ou violets; des racines aériennes en forme de moignons; des renflements à la base des rameaux au point d'insertion sur la tige principale avec une forte diminution de la résistance aux tractions mécaniques. Tous ces caractères nouveaux sont, comme je l'ai indiqué antérieurement, dus à la lutte pour la vie du Topinambour contrarié dans son rythme de développement par son support, le Soleil annuel. Leur réapparition à la cinquième génération est une preuve répétée de l'hérédité des caractères acquis à la suite du greffage et un exemple particulièrement démonstratif de *Mémoire organique* (Ch. Richet, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 7).

2. *Accentuation progressive de caractères.* — Ce fut en 1921, qu'à la suite de greffages répétés j'obtins 36 graines en apparence bien constituées sur un pied de Topinambour greffé Soleil annuel. Beaucoup de capitules n'en

contenaient pas; ceux qui en possédaient en avaient une, très rarement deux. Au cours des quatre précédentes générations, j'ai constaté que, chez certains pieds, la fertilité avait plus ou moins augmenté quand chez d'autres elle s'était maintenue ou avait disparu. Ayant récolté des graines sur les pieds les plus fertiles, j'ai eu cette année, dans mon semis, un exemplaire semblable comme couleur à l'*Helianthus Dangeardi* qui m'a donné des graines chez la plupart des capitules. J'ai récolté 50 akènes sur le plus fertile des capitules et 580 sur le pied entier. L'accentuation de la fertilité avec le nombre des générations est donc très nette chez cet individu, mais ne s'est pas montrée chez les autres.

3. *Apparition de caractères nouveaux et de monstruosités.* — L'*Helianthus Dangeardi* possède, comme la variété dont il est issu, des inflorescences divariquées, à capitules portés par des pédoncules allongés, minces, non élargis à leur sommet. Les demi-fleurons pointus entourent un disque étroit dont le diamètre ne dépasse guère un centimètre et a la forme circulaire. Chez quelques-uns de mes pieds de semis, et surtout chez l'un d'eux chez lequel la variation s'était manifestée à un très haut degré, les inflorescences avaient pris un port spécial, jusqu'ici non décrit chez le Topinambour. L'inflorescence, irrégulièrement groupée, était formée par des pédoncules de longueur inégale, épais et parfois très courts, bruns et épaissis, évasés au sommet. Les capitules, à disques larges, tantôt circulaires, tantôt elliptiques, étaient géminés et quelquefois soudés à des degrés divers. Ces caractères nouveaux et cette accentuation de la production des monstruosités sous l'influence de greffages répétés coïncidaient avec l'héritage de certains caractères d'adaptation acquis par le même procédé, par exemple avec la tuberculisation aérienne très marquée chez cet exemplaire.

4. *Transmission de caractères spécifiques de l'hypobiote aux descendants de l'épibiote.* — Tandis que des caractères spécifiques du Chrysanthème frutescent se transmettent rapidement à l'Absinthe et à certains de ses descendants chez lesquels la transmission peut aller en s'accentuant (voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1999), il en est tout autrement pour le Topinambour greffé sur le Soleil annuel depuis 1894. Le retour à la fertilité s'est produit seulement au bout de 27 ans et c'est seulement cette année, c'est-à-dire après 38 ans d'expériences, que j'ai pour la première fois observé sur l'un de mes semis de cinquième génération l'apparition de caractères plus ou moins intermédiaires entre ceux des variétés de Soleil et de Topinambour qui m'ont exclusivement servi dans mes recherches. Ces variétés ne s'hybrident pas entre elles comme on sait.

L'exemplaire ainsi modifié possède une tige de $1^m,20$ de hauteur et des entre-nœuds courts. Ses feuilles sont opposées, longues et larges à la base du pied, fortement acuminées dentées, elles deviennent cordiformes au sommet de la tige, peu dentées et mousses, à limbe gaufré et à gaines décurrentes sur l'entre-nœud. La tige porte un capitule terminal, de dimensions anormales. Il est porté par un pédoncule, long, épais et évasé au voisinage du réceptacle; l'involucre est formé de bractées larges à leur base; le disque atteint 4^{cm} de diamètre; les fleurs tigulées, disposées sur un seul rang, sont arrondies et étalées, ce qui donne à l'inflorescence un caractère original. Deux courts rameaux, situés assez loin du capitule terminal et éloignés l'un de l'autre, se voient sur l'axe principal et se terminent chacun par un capitule de dimensions un peu plus petites que le capitule terminal, mais présentant les mêmes caractères. Aucun de ces capitules n'a fourni d'akènes fertiles.

Ces résultats montrent une fois de plus l'importance des *variations lentes* et du facteur *temps* dans la production des variétés par greffage et la nécessité de la *continuité* lorsqu'on opère sur des plantes entre lesquelles l'influence spécifique est lente à se manifester à la suite de leur symbiose.

M. A. **Lacroix** offre à l'Académie un Mémoire dont il est l'auteur, accompagné de 12 planches photographiques, intitulé : *Les tectites de l'Indochine*, et publié dans les *Archives du Muséum national d'histoire naturelle*.

M. A. **Lacroix**, au nom de M. **Maurice Lugeon**, dépose sur le bureau un Ouvrage intitulé *Barrages et Géologie*, dans lequel notre Correspondant expose les résultats de sa longue expérience qui l'a conduit dans tant de pays proches ou lointains; au nom de M. G. **Cesàro**, un Mémoire *sur la guarinite*, intéressant minéral de la Somma et un autre, consacré à *diverses questions de géométrie*.

M. **Paul Pascal**, par l'organe de M. H. **Le Chatelier**, fait hommage à l'Académie des Tomes V et XI du *Traité de Chimie générale* publié sous sa direction. Secrétaire général : Paul Baud.

COMMISSIONS.

MM. **J. Hadamard**, **H. Lebesgue**, **J. Perrin**, **Ch. Fabry**, **E. Esclangon**, **E. Jouguet**, **H. Villat** sont désignés pour faire partie, avec le Bureau, de la Commission chargée de faire à l'Académie une proposition relative à l'attribution du *prix Albert Ier de Monaco*.

NOMINATIONS.

MM. **H. Le Chatelier**, **M. Laubeuf**, **L. Guillet** et **J. Rey** sont désignés pour représenter l'Académie à la séance solennelle en laquelle la **Société des Ingénieurs civils de France** commémorera l'invention du *procédé Thomas* et du *procédé sur sole basique pour la déphosphoration des aciers*, le 5 décembre 1932.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la chaire de *Culture* du Muséum national d'histoire naturelle.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Giacomo Tellera. *Analisi urine, Guida pratica per la rapida e sicura analisi delle urine*. (Présenté par M. R. Fosse.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Congruence de cercles : points focaux et surfaces focales.* Note de M. BERTRAND GAMBIER.

1. J'ai étudié la *distribution des points de contact avec leur enveloppe d'une famille simplement infinie de courbes planes algébriques* (¹). C'est un cas particulier du problème plus général : *distribution des points focaux d'une congruence de courbes algébriques*, comme on le voit en imprimant à chaque courbe plane une translation arbitraire parallèle à Oz. Le nouveau problème ne semble pas avoir été beaucoup étudié : Darboux donne quelques aperçus rapides aux dix premières pages du Tome 2 de la *Théorie des Surfaces*. Étudions à ce point de vue une *congruence de cercles*.

2. *Les points à l'infini de chaque cercle sont deux points focaux particuliers* et il en existe quatre autres, dont *deux* (*mais jamais quatre*) peuvent eux-mêmes aller à l'infini, *si la congruence des axes est isotrope :* le résultat est curieux en ce sens que l'on peut déplacer arbitrairement chaque cercle perpendiculairement à son axe et le dilater arbitrairement.

3. Écartons désormais le cas qui précède. Le cas normal est celui où les quatre points focaux f_1, f_2, f_3, f_4 sont distincts et j'ai surtout en vue ici d'étudier le cas où plusieurs se confondent. Pour l'intelligence de ce qui suit, je rappelle quelques résultats classiques. Chaque point f_i engendre une surface S_i tangente à tous les cercles, est l'intersection du cercle C correspondant avec un cercle C_i infiniment voisin, et donne naissance à une famille F_i de cercles à un paramètre doués d'une enveloppe qu'ils touchent en un unique point. Si plusieurs points focaux se confondent en un seul, autant de cercles C_i ou de familles F_i se confondent; mais il y a un autre cas où F_i, F_j se confondent, celui où C_i coupe C en deux points f_i et f_j (distincts ou non) : C touche son enveloppe en deux points (lui est osculateur si $f_i = f_j$) et l'axe de C, dans la famille F_i, engendre une développable.

Le cas de 4 points focaux distincts, avec 4 cercles C_i distincts, ou $C_1 = C_2$ et C_3 distinct de C_4, ou $C_1 = C_2$ et $C_3 = C_4$ a été traité par Darboux (*Théorie des Surfaces*, t. 2, p. 314-345); remarquons seulement dans ce dernier cas que le cercle mobile C peut être représenté soit par $\Sigma_1 = \partial\Sigma_1/\partial u = 0$, soit par $\Sigma_2 = \partial\Sigma_2/\partial v = 0$ où (x_1, y_1, z_1) et (x_2, y_2, z_2) centres

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 578.

des sphères Σ_1 et Σ_2 sont les points focaux de l'axe de C; ρ_1 et ρ_2 rayons de Σ_1 et Σ_2 sont tels que $2\sigma_1 \equiv \rho_1^2 - x_1^2 - y_1^2 - z_1^2$ et $2\sigma_2 \equiv \rho_2^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2$ sont solutions *associées* des équations de Laplace *associées* satisfaites par x_1, y_1, z_1 ou x_2, y_2, z_2; f_3 et f_4 sont les points de contact avec son enveloppe de la sphère Σ_1, de même f_1 et f_2 ceux de Σ_2; le nouveau cercle $\Sigma_1 = \partial\Sigma_1/\partial v = 0$ a lieu d'être étudié aussi, ainsi que le cercle *distinct* $\Sigma_2 = \partial\Sigma_2/\partial u = 0$; la transformation de Laplace donne une chaîne de sphères et de cercles.

4. Supposons que *deux points focaux se confondent*, les deux autres étant distincts; le cas où ces deux derniers donnent deux cercles C_i distincts n'est pas intéressant : s'ils donnent le même cercle, c'est un cas particulier de celui étudié en fin du n° 3; il suffit d'exprimer que les points où Σ_1 touchent son enveloppe se confondent, ce qui revient à dire que les courbes $\rho_1 = \text{const.}$ sont géodésiquement parallèles sur la surface (x_1, y_1, z_1); cette surface et le réseau conjugué (u, v) étant donnés, la fonction ρ_1 satisfait alors à deux équations aux dérivées partielles l'une du premier ordre, l'autre du second : *ce système n'a de solutions que si le réseau est convenablement choisi* et un cas favorable très remarquable est celui où les *courbes* $u = \text{const.}$ *sont géodésiques*, ρ_1 étant leur arc compté à partir d'une trajectoire normale. J'ai étudié ce cas (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 32) qui donne lieu à une *transformation remarquable d'une surface quelconque et d'une famille de géodésiques à un paramètre tracées sur la surface* (développées de deux surfaces inverses).

5. Vient ensuite le cas où *les points focaux se réduisent à deux comptant chacun pour deux*. On retrouverait les deux équations aux dérivées partielles du numéro précédent et une troisième : il serait difficile de discuter ce système; *il vaut mieux se donner arbitrairement les deux nappes focales*, auxquelles le cercle reste osculateur (si ce sont des surfaces et non des courbes).

Donnons-nous deux surfaces S_1, S_2, un point M_1 de S_1, un point M_2 de S_2; on construit aisément le cercle, unique, tangent à S_1 en M_1 et à S_2 en M_2; M_1T_1 et M_2T_2 étant les tangentes à ce cercle en M_1 et M_2, puis ω_1 (ou ω_2) le centre de courbure de la section normale de S_1 (ou S_2) tangente à M_1T_1 (ou M_2T_2), en exprimant que la droite $\omega_1\omega_2$ est perpendiculaire au plan du cercle, on a deux équations algébriques réalisant entre S_1 et S_2 la correspondance (M_1M_2). On peut remarquer que si les deux surfaces S_1 et S_2 sont symétriques par rapport à un plan, cette symétrie est l'une des correspondances acceptables.

Si les deux nappes focales sont des courbes Γ_1, Γ_2, on choisit une développable Δ_1 (ou Δ_2) contenant Γ_1 (ou Γ_2), un point arbitraire M_1 de Γ_1, M_2 de Γ_2, et l'on construit comme plus haut le cercle tangent en M_1 (ou M_2) à la développable Δ_1 (ou Δ_2).

6. Le cas d'un *point focal triple* s'obtient en prenant une surface S quelconque, attachant à chaque point de S une direction tangente MT déterminée, puis construisant le cercle tangent à MT en M et ayant quatre points communs, confondus en M, avec la surface S (cercle osculateur à la branche tangente à MT de courbe sphérique intersection de S et de la sphère ayant pour centre le point ω défini plus haut).

7. Le cas d'un *point focal quadruple* est un cas particulier de celui du n° 6 : on choisit MT, de sorte que le cercle osculateur ait avec la branche en jeu quatre points communs réunis en M au lieu de 3. On sait qu'on obtient ainsi dix directions MT pour chaque point M; l'axe du cercle C engendre alors les tangentes asymptotiques (de l'une des deux séries) de la surface focale (unique) relative à la congruence des axes; les courbes $\rho_1 =$ const. sont encore géodésiquement parallèles sur cette surface focale.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certains points singuliers des ensembles isodistants d'un ensemble ponctuel.* Note [1] de M. LUCIEN CHAMARD, présentée par M. Élie Cartan.

Appelons *rayon attaché* (= R. A.) pour un point M et pour l'ensemble ponctuel E, une demi-droite MV telle que les projetantes de M soient, quant au plan perpendiculaire en M à MV, du côté opposé à cette demi-droite. Au point M (et en tout point M_1 de MV) la distance à l'ensemble $\varpi(M)$ des projections de M est croissante suivant MV (et suivant M_1V); la distance à E l'est aussi en M et en M_1 suffisamment voisin si MV est élément intérieur du système des R. A. Au contraire, la distance est décroissante en M sur toute demi-droite issue de ce point et faisant un angle aigu avec une de ses projetantes [2]. On en déduit que, pour l'ensemble des points situés à une distance de E égale à celle de M, tout rayon du con-

[1] Séance du 14 novembre 1932.

[2] G. BOULIGAND, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe* (Paris, Vuibert, 1932, Chap. XII, p. 96). Nous en référons à cet ouvrage pour toute définition non reproduite.

tingent (= ctg) est un élément frontière du système des R. A. Mais il se présente des éléments frontières de ce système exclus du ctg [1], dans le cas où M est un point (β), c'est-à-dire dont les projetantes, toutes d'un même côté d'un plan, ne se laissent pas inclure dans un demi-cône de révolution strictement convexe. La présente Note montrera l'intérêt, pour l'étude des points (β), de la notion de R. A. et de celle de *cylindre attaché* (= C. A.) à un point M, entendant par là tout cylindre droit OUVERT de hauteur arbitrairement petite, dont une base, de rayon ρ, a pour centre M et dont le demi-axe, issu de M et le traversant, est un R. A.

THÉORÈME I. — *Un R. A. frontière tel que ses C. A. de hauteur suffisamment petite n'incluent aucun point de* E *est un rayon du ctg.*

Ce théorème englobe celui de M. G. Durand sur le ctg en un point (α), en même temps qu'il donne, pour certains ensembles E, le ctg en des points (β). — Si l'hypothèse du Th. I vaut pour les divers C. A. de chaque R. A., le ctg est la frontière du système des R. A. En particulier, pour les points (β), tout R. A. est alors du ctg.

Mais pour qu'un R. A. soit exclu du ctg, il ne suffit pas que les C. A. correspondants contiennent des points de E, car, dans ce cas, l'origine peut être à la fois limite, sur cet R. A., de points distants de E, ou bien de moins de ρ, ou bien de plus de ρ. Il ne suffit pas non plus que E possède des points dans toute section droite d'un C. A. relatif à un R. A., ce qui entraînerait pour cet R. A. la propriété d'être inclus, au voisinage de M, dans E_ρ (Ex. : points ρ-distants de la réunion de la surface d'une sphère de rayon 2ρ et de son centre.)

THÉORÈME II. — *Pour qu'un R. A. frontière échappe au ctg, il suffit que toute section droite d'un C. A. correspondant contienne des points de* E *non localisables sur un secteur d'angle* ≦ 2 *dr., centré sur cet R. A.*

S'il en est ainsi, pour tout R. A. relatif à un point (β), la distance à E présente en ce point un maximum strict et le point est isolé sur la frontière de E_ρ.

La notion de R. A. fournit encore le résultat suivant :

THÉORÈME III. — *En un point* M *de la classe* (β) *situé sur la frontière extérieure* $\mathcal{F}_\rho$ *de* E_ρ, *le paratingent de cette frontière est complet.*

Il inclut en effet toute droite Δ'Δ menée de M hors du plan des R. A., car, de chaque point N extérieur à E_ρ et assez voisin de M, et de chaque couple

---

[1] GEORGES DURAND, *Sur une généralisation des surfaces convexes* (Thèse, *Journal de Math.*, 9e série, 10, 1931, cf. resp. n° 46, p. 368, et n° 33, p. 360).

englobé par E_ρ de sphères σ', σ symétriques par rapport à M et centrées sur $\Delta'\Delta$, on déduit une corde RS de $\mathcal{F}_\rho$ parallèle à $\Delta'\Delta$ et terminée entre ces sphères, ce qui assure l'existence d'une suite infinie R_iS_i telle que les MR_i, MS_i tendent vers zéro. C. Q. F. D.

L'importance des notions de R. A. et de C. A. est confirmée par l'application que voici :

Soit E un ensemble dont l'enveloppante convexe K(E) a des points intérieurs, soit F_ρ l'ensemble des points ρ-distants de E. Si F_ρ ne pénètre pas dans K(E), tout point de cette frontière appartenant à la classe β est situé dans un plan concluant π. Si les projetantes de M situées dans π ne s'y localisent pas dans un demi-plan, le ctg en M de F_ρ a un rayon et un seul : la demi-normale externe en M à π (le ptg étant complet d'après le théorème III).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'allure des fonctions sous-harmoniques au voisinage d'un point, singulier ou non.* Note (1) de M. **Marcel Brelot.**

1. Je reviens ici, pour la compléter, sur l'étude entreprise dans deux Notes précédentes (2). Je reprends avec les mêmes notations la fonction sous-harmonique u (au sens général de F. Riesz) au voisinage du point O, ce point exclu. Je me placerai pour le langage dans le cas du plan, l'extension à l'espace à n dimensions étant immédiate.

2. Le maximum de u sur une circonférence de ce centre O et rayon ρ est fonction convexe de $\log 1/\rho$ (3); ce maximum et son quotient par $\log 1/\rho$ ont donc des limites déterminées pour $\rho \to 0$, égales aux plus grandes limites en O de u et de λ.

3. Moyennant l'existence d'un Δu généralisé continu, j'ai indiqué dans ma dernière Note que le flux $\int_{\gamma_\rho \text{int.}} du/dn\, ds$ tend vers $2\pi\lambda_m(\text{O})$ quand le rayon ρ de la circonférence γ_ρ de centre O tend vers 0. Même avec la fonction u la plus générale, la proposition subsiste en définissant le flux à

(1) Séance du 14 novembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 693 et 852.

(3) C'est la généralisation d'un théorème de Walther qui concerne le cas harmonique. Voir par exemple, Polya et Szegö. *Aufgaben und Lehrsätze aus der Analysis* (Springer 1925), 1, p. 145 et 332, proposition n° 320.

la façon généralisée de F. Riesz (1). On considère $\gamma_{\rho'}(\rho' < \rho)$ et la meilleure majorante harmonique dans la couronne $(\gamma_\rho, \gamma_{\rho'})$. Il y correspond un certain flux, qui a une limite finie quand $\rho' \to \rho$. C'est cette valeur ou celle définie de façon analogue avec $\rho' > \rho$, que l'on prend comme flux de u pour $\gamma_{\rho \text{int.}}$. L'un et l'autre de ces flux tendent vers $2\pi\lambda_m(O)$ quand $\rho \to 0$. On peut d'ailleurs généraliser en prenant pour γ une courbe plus générale entourant O.

4. *Si u est bornée supérieurement, elle est sous-harmonique même en* O, c'est-à-dire qu'on peut la définir en O de façon qu'elle soit sous-harmonique au voisinage de O, O compris. La valeur à prendre en O est d'ailleurs nécessairement $u_m(O)$.

Le théorème s'étend au cas d'une fonction sous-harmonique bornée supérieurement au voisinage d'un ensemble de capacité nulle.

L'étude faite précédemment donne, par voie directe et élémentaire, des propriétés infinitésimales d'une fonction sous-harmonique u en un de ses points (2). L'expression de u donnée par F. Riesz (3) en forme de potentiel au moyen d'une intégrale de Stieljes contient en puissance ces propriétés et permettrait de les obtenir, comme je l'ai fait antérieurement (4) dans le cas particulier d'un potentiel ordinaire à densité continue hors de O.

5. *Les deux cas fondamentaux.* — Pour la fonction sous-harmonique u la plus générale au voisinage de O (O exclu), il n'y a que les deux cas suivants :

a. $\lambda_m(O)$ est finie. Alors u admet une majorante harmonique, donc est la somme d'une fonction v sous-harmonique en O et d'une fonction harmonique au voisinage de O, O exclu; on peut même faire en sorte que v admette un $\lambda_m(O)$ égal à o.

b. $\lambda_m(O) = +\infty$. Il n'existe pas de majorante harmonique. On éclairera ce cas par des exemples faciles à former d'après les remarques suivantes :

α. Si u est harmonique, $|u|$ est sous-harmonique (5);

---

(1) F. Riesz, *Acta Litterarum Ac. Scientiarum* (Szeged), 2, 1924-1926, p. 99.

(2) J'ajoute qu'il peut y avoir un infini négatif qui ne soit pas logarithmique; d'une façon précise on peut avoir effectivement : $u \to -\infty$ quand $M \to O$ [c'est-à-dire $u_m(O) = -\infty$] avec $\lambda_m(O) = 0$.

(3) F. Riesz, *Acta math.*, 54, 1930, p. 350.

(4) Voir ma *Thèse* (*loc. cit.*), *Annales de l'École Normale sup.*, 48, 1931, p. 221.

(5) J'ajoute que si $u \geqq 0$ est sous-harmonique, $u^\alpha (\alpha \geqq 1)$ l'est aussi (Extension d'un théorème de F. Riezs pour le cas u harmonique) et je rappelle que $u + |u|$ est sous-harmonique avec u.

β. Une fonction convexe de $\log 1/\mathrm{OM}$ est sous-harmonique;

γ. Intégration de $\Delta u = \varphi(\mathrm{M}) \geqq 0$, où φ est continue hors de O mais non sommable. On ne sait rien de l'intégration dans le cas général mais elle est possible dans le cas particulier où $\overline{\mathrm{OM}} \cdot \varphi(\mathrm{M})$ est sommable.

On remarque, Γ_ρ étant la couronne $(\gamma_{\mathrm{R}}, \gamma_\rho)$ (R fixe, $\rho \to 0$), que pour M quelconque tel que $\mathrm{OM} \geqq \varepsilon > 0$ (ε donné arbitraire) et ρ tendant vers zéro,

$$\log \frac{1}{\mathrm{OM}} \int\int_{\Gamma_\rho} \varphi(\mathrm{P})\, d\omega_{\mathrm{P}} - \int\int_{\Gamma_\rho} \log \frac{1}{\mathrm{PM}} \varphi(\mathrm{P})\, d\omega_{\mathrm{P}}$$

reste borné.

Grâce au procédé diagonal, on peut alors trouver une suite de $\rho \to 0$, pour laquelle la différence précédente tend vers une intégrale cherchée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques du tore.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons une transformation de sens constant d'un cercle C en lui-même. Soient θ l'arcdé finissant un point M de C, $\mathrm{M}_1(\theta_1)$ le transformé de M, $\mathrm{M}_n(\theta_n)$ le $n^{\text{ième}}$ transformé de M, $n^{\text{ième}}$ conséquent si n est positif, $(-n)^{\text{ième}}$ antécédent si n est négatif. Supposons que la transformation $(\mathrm{M}, \mathrm{M}_n)$ soit sans point double quel que soit n. $\theta_n/2n\pi$ tend vers un nombre irrationnel α (Poincaré).

Dans une Note récente [1] M. Carleman étudie la valeur limite de la moyenne

$$\frac{\mathrm{F}(\theta_1) + \mathrm{F}(\theta_2) + \ldots + \mathrm{F}(\theta_n)}{n} = \mathrm{S}_n(\mathrm{F}, \theta),$$

$\mathrm{F}(\theta)$ étant une fonction du point $\mathrm{M}(\theta)$, donc une fonction périodique de θ admettant la période 2π. M. Carleman suppose $\mathrm{F}(\theta)$ *continue*.

J'ai eu l'occasion d'étudier cette moyenne, pour le cas où

$$\mathrm{F}(\theta) = h(\theta) = \log \frac{d\theta_1}{d\theta},$$

quand $h(\theta)$ est continue. J'ai signalé que $\lim \mathrm{S}_n(h) = 0$ [2]. Mon raisonnement s'applique à toute fonction continue $\mathrm{F}(\theta)$, pour montrer que $\mathrm{S}_n(\mathrm{F}, \theta)$

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 478.
(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 830-833.

tend vers une limite indépendante de θ *et ne dépendant que de* F. Cette limite serait la même pour

$$S_{-n}(F, \theta) = \frac{1}{n}\sum_{i=-1}^{i=-n} F(\theta_i).$$

En effet, on peut poser $\theta = \varphi(\omega)$, $\theta_1 = \varphi(\omega + 2\pi\alpha)$, φ étant une fonction croissante telle que $\varphi(\omega) - \omega$ ait la période 2π.

On sait que le dérivé J de l'ensemble des M_n est indépendant de M_0, il est le même pour $n+\infty$ et pour $n-\infty$. Si J coïncide avec C, $\varphi(\omega)$ est continu.

Si J diffère de C, J est totalement discontinu. $\varphi(\omega)$ a une infinité de points de discontinuité χ auxquels correspondent indistinctement tous les arguments $\theta = \tau$ d'un point décrivant un contigu σ à J.

$F(\theta)$ est une fonction $G(\omega)$, indéterminée entre le maximum et le minimum de $F(\theta)$ sur σ pour $\omega = \chi$ (quand J existe), déterminée en tout point ω distinct des χ. Mais $G(\omega)$ est continu en chacun de ces derniers points ω, *dès que* $F(\theta)$ *est continu en tout point de deuxième espèce de* J.

Donc, $G(\omega)$ est une fonction ayant au plus une infinité dénombrable de points de discontinuité. Donc, $G(\omega)$ *est intégrable au sens de Riemann.* Mais il est aisé de voir que les points d'argument

$$\omega(\theta_p) = \omega(\theta_0) + 2p\pi\alpha \qquad (p = 1, 2, \ldots, n),$$

ramenés entre 0 et 2π, sont, quand n croît, en nombre équivalent à $ns/2\pi$, sur tout intervalle de longueur s. On en conclut

$$\lim_{n\,\infty} S_n(F, \theta) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} G(\omega)\,d\omega.$$

Si $F(\theta)$ était seulement *continu spécialement à* J, *en tout point de* J, [$F(\theta')$ tend vers $F(\theta)$ quand $M(\theta')$ tend vers $M(\theta)$ sans quitter J], la conclusion et la formule subsistent quel que soit $M_0(\theta_0)$ *sur* J. Mais pour $M_0(\theta_0)$ étranger à J, il ne peut en ce cas rien être dit de général.

Si J *se confond avec* C, *et si* F *est borné, mesurable* (B), alors $S_n(F, \theta)$ *regardé comme une fonction* $\Sigma_n(G, \omega)$ *de* ω, *converge en mesure vers la même limite* (qui est alors une intégrale de Lebesgue) en vertu d'une propriété générale des sommes de Riemann [Intégration (B), *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 219].

Si

$$h_n(\theta) = \log\frac{d\theta_n}{d\theta} = n\,S_n(h, \theta)$$

et si

$$h(\theta) = g(\omega),$$

la condition

$$\int_0^{2\pi} e^{h_n(\theta)}\, d\theta = \int_0^{2\pi} e^{-h_n(\theta)}\, d\theta_n = 2\pi.$$

entraîne

$$\int_0^{2\pi} g(\omega)\, d\omega = 0 = \lim S_n(h),$$

comme il a été rappelé plus haut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des fonctions hypergéométriques.* Note [1] de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous avons déjà signalé [2] quelques généralisations des polynomes de Gegenbauer et d'Hermite. De nouvelles généralisations peuvent s'obtenir à partir des deux fonctions génératrices

$$[1 - 3hx + 3(h^2 - kl)y - h^3]^{-\nu}$$

et

$$e^{hx - (h^2 - kl)y + h^3/3}.$$

Comme k et l n'apparaissent que par leur produit, on peut aussi poser $kl = \lambda$ et l'on a des polynomes à deux indices.

Signalons aussi la fonction génératrice

$$\begin{aligned}[1 - 3hx - 3ky - 3lz + 3(h^2 - kl)u \\ + 3(k^2 - lh)v + 3(l^2 - hk)w - (h^3 + k^3 + l^3 - 3hkl)]^{\mu},\end{aligned}$$

qui généralise la fonction génératrice des polynomes $V_{m_1,m_2}^{(s)}$ d'Appell.

D'autres généralisations relatives à cet ordre de questions s'obtiennent aisément.

II. Considérons les équations

$$k\,\Delta_2 U = \frac{\partial U}{\partial t}, \tag{1}$$

$$k\,\Delta_2 U = \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}, \tag{2}$$

---

[1] Séance du 14 novembre 1932.

[2] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 437.

où $\Delta_3 U$ est l'opérateur de M. P. Humbert

$$\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} - 3\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z}.$$

Des calculs simples montrent que la première équation admet les intégrales

$$t^n \rho^m P(m\theta, m\varphi)\,{}_1F_2\left[-n : 1, m+1 ; \frac{-\rho^3}{27kt}\right],$$

$$t^n \rho^{-2m} P(m\theta, m\varphi)\,{}_1F_2\left[-n : 1-m, 1-m : \frac{-\rho^3}{27kt}\right],$$

et que la deuxième admet les intégrales

$$t^n \rho^m \; P(m\theta, m\varphi)\,{}_2F_2\left(-\frac{n}{2}, \frac{1-n}{2}; \quad 1, m+1 ; \frac{\rho^3}{108kt^2}\right),$$

$$t^n \rho^{-2m} P(m\theta, m\varphi)\,{}_2F_2\left(-\frac{n}{2}, \frac{1-n}{2}; 1-m, 1-m ; \frac{\rho^3}{108kt^2}\right),$$

ρ, θ, φ étant définis par le changement de variables

$$x = \rho P(\theta, \varphi), \qquad y = \rho Q(\theta, \varphi), \qquad z = \rho R(\theta, \varphi),$$

où $P(\theta, \varphi)$, $Q(\theta, \varphi)$, $R(\theta, \varphi)$ sont les fonctions d'Appell.

Ces théorèmes complètent ceux énoncés par M. P. Humbert (¹) pour l'équation

$$\Delta_3 U = \frac{\partial^3 U}{\partial t^3}.$$

III. On peut, ainsi que l'a fait M. P. Humbert pour l'équation (1), chercher les intégrales de (2) qui sont de la forme

$$e^{\alpha x + \beta y + \gamma z + \delta t}.$$

Il est avantageux d'écrire les constantes de façon à mettre l'exponentielle sous la forme

$$e^{(a^2 - bc)x + (b^2 - ca)y + (c^2 - ab)z + \delta t}.$$

Par changement de variables convenable (²) on peut écrire encore cela sous la forme

$$e^{(h^2 - kl)u - h^3/3 + (k^2 - lh)v - k^3/3 + (l^2 - hk)w - l^3/3 + hkl};$$

les polynomes $P(u, v, w)$ qui proviennent de cette fonction génératrice

(¹) *J. Math. pures et appl.*, 8, 1929, p. 145; *Atti Pont. Acc. Nuovi Lincei*, 83, 1930, p. 128.

(²) Cf. M. P. Humbert, *Ann. Soc. scient.* Bruxelles, série A, 49, 1929, p. 113.

peuvent s'exprimer au moyen de ceux à une variable, définis à partir du développement

$$e^{(h^2-kl)u-k^2l/3} = \Sigma h^\alpha k^\beta l^\gamma P_{\alpha,\beta,\gamma}(u),$$

ce qui nous ramène aux questions du paragraphe I.

L'étude détaillée des équations (1), (2), (3) et des polynomes considérés paraîtra dans un autre Recueil.

IV. Signalons pour terminer une généralisation de certains résultats de M. Angelesco (¹). Si l'on considère les polynomes définis par le développement

$$(1+\alpha)^\lambda(1+\alpha x)^\mu(1+\alpha y)^\nu = \Sigma \alpha^n P_n(x, y; \lambda, \mu, \nu),$$

on trouve aisément que

$$P_n(x, y; \lambda, \mu, \nu) = \frac{\lambda(\lambda-1)\ldots(\lambda-n+1)}{n!} F_1(-n; -\mu, -\nu, \lambda-n+1; x, y),$$

ce qui nous donne un exemple de polynomes hypergéométriques définis par la fonction F_1. Nous reprendrons ultérieurement ce résultat.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de séries de Taylor.* Note de M. G. BOURION, présentée par M. Hadamard.

Les deux théorèmes de M. Ostrowski sur l'ultraconvergence pour les séries de Taylor peuvent être interprétés ainsi : on caractérise par une propriété d'une suite partielle de polynomes-sections [L'ultraconvergence en tout point régulier du cercle de convergence (voir A. OSTROWSKI, *Sitz. preuss. Akademie*, 1921, p. 557-565, et 1923, p. 185-192)] les séries qui appartiennent à la classe suivante : elles sont la somme d'une série, *n'ayant pas son cercle de convergence comme coupure*, qui présente une infinité de lacunes de largeur relative bornée inférieurement, et d'une série à rayon de convergence plus grand. L'objet de cette Note est de montrer qu'on peut également caractériser par une propriété simple d'une suite partielle de polynomes-sections les séries de Taylor qui ont la structure suivante : on peut les obtenir comme somme d'une série qui présente une infinité de lacunes de largeur relative bornée inférieurement et d'une série à rayon de convergence plus grand. Je donne ensuite quelques indications sur la convergence des suites de polynomes-sections d'une série de Taylor.

(¹) *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 5, III, 1925, p. 161.

1. $\sum_0^\infty a_\nu x^\nu$ désigne une série dont le rayon de convergence est *un*, $f(x)$ est la fonction analytique définie par cette série; $s_n(x)$ est le polynome-section $\sum_0^n a_\nu x^\nu$. On établit facilement l'inégalité suivante :

$$\frac{1}{n}\log|s_n(x)| < \log|x| + \varepsilon_n(x),$$

valable dans la région $|x| \geqq 1$, où $\varepsilon_n(x)$ tend vers zéro uniformément dans tout domaine borné de cette région. Pour les séries ayant la structure indiquée, il existe une suite partielle s_{n_k} pour laquelle cette inégalité peut être améliorée :

$$\frac{1}{n_k}\log|s_{n_k}(x)| < \theta\log|x| + \varepsilon_{n_k}(x)$$

dans une couronne $1 \leqq x < R$; $\theta < 1$.

La réciproque est exacte :

Si pour une suite partielle s_{n_k} de polynomes-sections, on a, dans un domaine (D) extérieur au cercle de convergence

$$(1) \qquad \frac{1}{n_k}\log|s_{n_k}(x)| < u(x)$$

ou

$$(1') \qquad \frac{1}{n_k}\log|s_{n_k}(x)| < u(x) + \varepsilon_{n_k}(x).$$

où $u(x)$ est inférieure à $\log|x|$ dans (D) : on peut indiquer deux nombres λ et ρ, $\lambda < 1$, $\rho > 1$, ne dépendant que de (D) et de la fonction $u(x)$, de telle sorte que les termes $a_n x^n$ de la série donnée pour lesquels n appartient à l'un des intervalles $\lambda n_k < n \leqq n_k$ forment une série dont le rayon de convergence soit au moins égal à ρ.

Si, de plus, (D) est intérieur au domaine d'existence de $f(x)$, on peut indiquer λ, λ' et ρ, $\lambda < 1 < \lambda'$, $\rho > 1$, dépendant seulement de (D) et de $u(x)$, de sorte que $\Sigma a_n x^n$ étendue aux n compris dans les intervalles $\lambda n_k < n < \lambda' n_k$ définisse une série de rayon de convergence au moins égal à ρ (1).

(1) Ce deuxième énoncé pourrait se déduire du précédent et des résultats de M. Ostrowski; mais en l'établissant directement, on obtient une démonstration particulièrement simple de ces derniers.

Dans les deux énoncés précédents, on peut remplacer le domaine (D) par un *ensemble qui n'est pas de capacité nulle*.

2. En appliquant ces résultats au cas de l'ultraconvergence, on retrouve le second théorème de M. Ostrowski [inégalité (1'), $u(x)=0$]. Nous voyons de plus que l'on peut remplacer, dans ce théorème, l'hypothèse de l'ultraconvergence par la suivante : les s_{n_k} convergent uniformément, ou simplement sont bornés, dans un domaine intérieur au domaine d'existence de $f(x)$ et qui n'est pas forcément d'un seul tenant avec le cercle de convergence. On remarquera que cette dernière hypothèse entraîne après coup l'ultraconvergence des s_{n_k}.

La convergence uniforme des s_{n_k} dans un domaine extérieur au domaine d'existence de $f(x)$ entraîne seulement la possibilité de faire apparaître des lacunes *à la fin* des s_{n_k}. Dans ce cas, ou bien il y a ultraconvergence des s_{n_k}, ou bien le cercle de convergence est une coupure pour $f(x)$.

La *convergence* simple des s_{n_k} dans un domaine (D) ou sur un arc rectifiable entraîne, pour la structure de la série, les mêmes conséquences que leur convergence uniforme; mais λ et ρ, ou λ, λ' et ρ, ne peuvent plus être choisis, dépendant seulement du domaine (D). La convergence en une infinité de points ne suffit pas, comme des exemples le montrent.

3. Il est facile de former : 1° des exemples où il y a à la fois ultraconvergence des s_{n_k} et convergence des s_{n_k} dans un domaine intérieur au domaine d'existence de $f(x)$, mais séparé du domaine d'ultraconvergence; 2° des exemples où les s_{n_k} convergent dans plusieurs domaines vers des fonctions analytiques différentes. Voici un résultat général :

Étant donnés des domaines (D_1), (D_2), ... (en nombre fini ou non), simplement connexes, deux à deux sans points intérieurs communs et dont aucun n'a le point à l'infini comme point intérieur, on peut construire une série de Taylor pour laquelle une suite partielle de polynomes-sections a les (D_ν) pour domaines de convergence uniforme.

Dans le cas d'un domaine unique ayant l'origine comme point intérieur, ce résultat a été donné par M. Ostrowski [1].

Si l'origine n'est intérieure à aucun des (D_ν), on obtient une série à rayon de convergence nul.

4. Étant donnée une suite n_k d'entiers, telle que $\overline{\lim}\, n_{k+1}/n_k > 1$, on peut former une série de Taylor pour laquelle la suite s_{n_k} est effectivement ultraconvergente.

(1) *Zur Theorie der Ueberkonvergenz* (*Math. Ann.*, 103, 1930, p. 15).

Étant données deux suites n_k et m_j, s'il existe un nombre $\theta (\theta > 1)$ tel que, pour une infinité de valeurs de j, l'intervalle $(1/\theta m_j, \theta m_j)$ ne renferme aucun n_k, *on peut former une série pour laquelle il y a ultraconvergence pour les* s_{n_k} *et non pour les* s_{m_j}.

Ceci permet de construire une série ayant deux suites partielles ultraconvergentes de polynomes-sections, avec deux domaines d'ultraconvergence différents dont aucun ne contient entièrement l'autre.

5. Si $\overline{\lim}\, n_{k+1}/n_k = h$, et si 2ω désigne la mesure totale (en radians) des arcs de $|z| = R$ intérieurs aux domaines de convergence uniforme des s_{n_k}, *on peut donner une borne supérieure de* ω *en fonction de* R *et de* h, ou encore une borne inférieure de h en fonction de ω et R; j'indiquerai la suivante :

$$h > \frac{\pi}{\alpha}, \qquad \text{où} \qquad \cos\alpha = -\cos\omega - \frac{2R\sin^2\omega}{R^2 + 2R\cos\omega + 1};$$

en particulier, si ω a une limite $\overline{\omega}$ quand R augmente indéfiniment, on a

$$h > \frac{\pi}{\pi - \overline{\omega}}.$$

ÉLASTICITÉ. — *Pièces rectangulaires planes de faible épaisseur soumises à des pressions périphériques situées dans leur plan.* Note de M. **Robert L'Hermite**, présentée par M. Mesnager.

Les équations de Maurice Levy, concernant l'élasticité plane à deux dimensions, sont satisfaites en faisant

$$N_1 = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \qquad N_2 = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \qquad T = \frac{\partial^2 F}{\partial x\, \partial y},$$

où F est une fonction biharmonique, solution de l'équation $\Delta^2\Delta^2 F = 0$.

Prenons, pour F, la fonction biharmonique suivante :

$$F(x, y) = \sum_m A_m \varphi_m(\beta) \cos m\pi\alpha + B_m \varphi'_m(\beta) \cos m\pi(1-\alpha)$$
$$+ C_m \varphi_{m+1}(\alpha) \cos(m+1)\pi\beta + D_m \varphi_{m+1}(\alpha) \cos(m+1)\pi(1-\beta),$$

dans laquelle

$$\varphi_k(l) = k\pi(1-l)\,\text{ch}\, kl\pi + \text{sh}\, kl\pi, \qquad \varphi'_k(l) = \varphi_k(1-l), \qquad \alpha = \frac{x}{L}, \qquad \beta = \frac{y}{H},$$

A, B, C, D sont des constantes dépendant des conditions de limites; L, H sont la longueur et la hauteur du rectangle.

Nous remarquons que la dérivée seconde $\partial^2 F / \partial x \partial y$, représentant le cisaillement tangentiel, s'annule sur tout le périmètre du rectangle considéré. De cette façon il ne reste plus, pour déterminer les constantes, qu'à appliquer les conditions dues aux pressions normales et qui sont :

$$\frac{\partial^2 F(x, H)}{\partial x^2} = P_1(x), \qquad \frac{\partial^2 F(x, o)}{\partial x^2} = P_2(x),$$
$$\frac{\partial^2 F(L, y)}{\partial y^2} = P_3(x), \qquad \frac{\partial^2 F(o, y)}{\partial y^2} = P_4(x).$$

où p sont les fonctions représentant les forces normales appliquées sur chacun des côtés.

Deux intégrations successives des fonctions précédentes nous permettent d'écrire sur chaque côté $F = \mathfrak{M}$. Cette dernière lettre représente le moment de flexion de la poutre ayant comme longueur celle du côté et supportant les mêmes charges.

Il est évident que, avec la solution précédente, la somme des forces appliquées sur chaque côté doit être nulle car $\partial F / \partial X$ et $\partial F / \partial Y$ s'annulent aux quatre sommets du rectangle.

Ceci étant posé, le calcul des constantes contenues dans la fonction F peut se faire en considérant sur le contour un nombre limité de points et d'établir ainsi plusieurs égalités entre F et $\mathfrak{M}$. On obtient un système linéaire dont les racines sont les constantes cherchées.

Suivant cette méthode, on n'obtient qu'une solution approchée mais pratiquement acceptable si le nombre m est suffisamment élevé. On peut dire qu'on substitue aux actions périphériques des actions pratiquement équivalentes présentant des résultats simplifiés. Il est d'ailleurs facile de se rendre compte de l'approximation obtenue. Il suffit de calculer $F(x, y)$ en plusieurs points du périmètre autres que ceux ayant servi à déterminer les constantes et de comparer les valeurs obtenues avec celles qui étaient imposées.

La fonction F peut se simplifier dans certains cas particuliers de disposition des charges. Nous allons énumérer ceux-ci avec les simplifications qui les accompagnent. La considération de cas de charges plus complexe et même de la charge quelconque peut se faire à l'aide de la superposition de plusieurs des cas élémentaires suivants où le calcul sera fait en supposant les pressions nulles sur deux côtés AB et CD du rectangle ABCD, où Δ est l'axe parallèle à AB.

Pressions égales et de signes contraires sur AD *et* BC.

Pressions symétriques par rapport à Δ ....

$$F(xy) = \sum_m \left\{ \begin{array}{l} A_m[\varphi_m(\beta) - \varphi'_m(\beta)] \cos m\eta\alpha \\ + B_m[\varphi_{m+1}(\alpha) - \varphi'_{m+1}(\alpha)] \cos(m-1)\eta\beta \end{array} \right.$$

Pressions inversement symétriques par rapport à Δ ....

$$F(xy) = \sum_m \left\{ \begin{array}{l} A_m[\varphi_{m+1}(\beta) - \varphi'_{m+1}(\beta)] \cos(m+1)\eta\alpha \\ + B_m[\varphi_{m+1}(\alpha) - \varphi'_{m+1}(\alpha)] \cos(m+1)\eta\beta \end{array} \right.$$

Pressions égales et de mêmes signes sur AD *et* BC.

Pressions symétriques par rapport à Δ ....

$$F(xy) = \sum_m \left\{ \begin{array}{l} A_m[\varphi_m(\beta) + \varphi'_m(\beta)] \cos m\eta\alpha \\ + B_m[\varphi_m(\alpha) + \varphi'_m(\alpha)] \cos m\eta\beta \end{array} \right.$$

Pressions inversement symétriques par rapport à Δ ....

$$F(xy) = \sum_m \left\{ \begin{array}{l} A_m[\varphi_{m+1}(\beta) + \varphi'_{m+1}(\beta)] \cos(m+1)\eta\alpha \\ + B_m[\varphi_m(\alpha) + \varphi'_m(\alpha)] \cos m\eta\beta \end{array} \right.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *L'observation directe des protubérances à Meudon.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Esclangon.

L'observation visuelle et photographique des protubérances solaires a été faite, jusqu'à maintenant, soit directement, en utilisant simplement une lunette ou une chambre photographique, soit indirectement, en isolant la lumière d'une raie chromosphérique appropriée avec le spectroscope à fente large, le spectrohélioscope ou le spectrohéliographe.

La méthode directe présente, sur l'emploi du spectroscope à fente large, l'avantage de donner un champ d'observation beaucoup plus étendu et, sur le spectrohélioscope et le spectrohéliographe, l'avantage de fournir des images beaucoup plus lumineuses et plus riches en détails ; cette méthode n'avait été employée, jusqu'à présent, que pendant les éclipses totales.

En 1930 et en 1931, j'ai réussi à observer directement les protubérances et à les photographier au Pic du Midi, sans qu'il y ait eu d'éclipse, en pointant sur le Soleil un coronographe qui éliminait la diffusion instrumentale [1]. Ces observations nécessitaient un ciel assez transparent que l'on rencontre d'ailleurs très fréquemment au Pic du Midi. Pendant les

(1) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 834, et **193**, 1931, p. 1169.

mois de juillet et août 1931, par exemple, au cours de 18 journées, la brillance du ciel au voisinage du bord solaire, mesurée en lumière rouge, s'est abaissée à des valeurs inférieures à 5 millionièmes de la brillance du Soleil et, au cours de 13 journées, à des valeurs comprises entre 5 et 50 millionièmes. Dans le premier cas, les protubérances se montraient avec leur couleur propre, sans l'interposition d'aucun filtre coloré; dans le deuxième cas, l'emploi d'un verre rouge suffisait pour les faire apparaître.

Le même appareil, expérimenté à Meudon pendant les mois de mai et juin 1932, a donné des résultats médiocres : même avec un bon écran rouge, les protubérances n'ont été visibles que quatre fois et leurs contrastes étaient peu accusés. En effet, à Meudon, par les plus belles journées, la brillance du ciel au voisinage du bord solaire est environ trente fois plus forte qu'au Pic du Midi et elle s'abaisse rarement au-dessous de 50 millioniėmes.

J'ai donc été amené à étudier un écran monochromatique très transparent pour la raie rouge H_α, de longueur d'onde 6563 Å et ne laissant passer qu'une petite portion du spectre continu. Des solutions de colorants, de sels métalliques, principalement de terres rares et des verres colorés, ont été comparés. A la suite de ces essais, j'ai constitué le filtre avec une cuve de 50^{mm} d'épaisseur et de 30^{mm} de diamètre pleine d'une solution aqueuse saturée de nitrate de néodyme légèrement acide. La cuve est formée d'un tube de caoutchouc très épais dont une extrémité est fermée par une glace en verre incolore, l'autre par une glace de 5^{mm} d'épaisseur, taillée dans un verre de schott RG 2.

Le nitrate de néodyme absorbe la plus grande partie du spectre extrême rouge et infrarouge. Le verre de schott absorbe toutes les longueurs d'ondes supérieures à 6500 Å avec une limite d'absorption bien tranchée. Le filtre, ainsi constitué, laisse passer une bande de spectre continu dont la largeur moyenne est de 80 Å et au milieu de laquelle se trouve la raie C. Il possède d'autres bandes de transmission très étroites dans l'extrême rouge et l'infrarouge, situées vers 7030, 7610, 8205 et 8930 Å. La première, seule, impressionne sensiblement l'œil et les plaques panchromatiques ordinaires sans augmenter notablement la lumière diffusée.

Ce filtre est installé à la suite de l'objectif du coronographe et l'ensemble est placé sur la nouvelle table équatoriale de l'Observatoire de Meudon. Il fait apparaître les protubérances avec intensité, même par ciel brumeux ou à travers de légers nuages, tant que la brillance du ciel, près du bord

solaire, ne dépasse pas 500 millionièmes de celle du Soleil. Cette condition est presque toujours réalisée à Meudon lorsqu'il n'y a pas de cirrus devant le Soleil. L'homogénéité optique du liquide est facile à réaliser en agitant la cuve avant l'observation et, lorsque les conditions atmosphériques sont favorables, les images des protubérances possèdent toute la finesse correspondant à l'ouverture utilisée (9^{cm}).

Un temps de pose de une seconde suffit pour obtenir une image solaire de 8^{cm} de diamètre tandis qu'au spectrohéliographe il faut une pose de plusieurs minutes.

Cette méthode permettra donc d'analyser, au moyen de films cinématographiques, les mouvements complexes des protubérances et, peut-être, de découvrir ainsi le mécanisme de leur illumination.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formation des ions négatifs d'après la mécanique quantique.* Note de M. **Y. Rocard**, présentée par M. Henri Villat.

Le phénomène de la fixation d'un électron sur une molécule est connu expérimentalement. Il a été étudié dans les électrolytes, et l'on sait d'autre part que, au moins dans le cas de la molécule de chlore, il donne lieu à l'émission d'un spectre particulier dit d'électro-affinité. Il nous a paru possible de donner une idée théorique approximative de la nature de ce spectre et de ses limites, et les résultats numériques obtenus suggèrent que ces spectres peuvent jouer un certain rôle dans la luminosité du ciel nocturne.

Envisageons une molécule *polarisable* placée dans le champ e/r^2 d'un électron. Elle prend le moment

$$m_1 = \left(\frac{\varepsilon - 1}{4\pi n}\right)\frac{e}{r^2}, \tag{1}$$

ε étant la constante diélectrique d'un gaz contenant n de ces molécules par centimètre cube. Le doublet m_1 produit à l'endroit où est l'électron le champ $2m/r^3$, d'où une force attractive résultante, qui dérive du potentiel

$$\varphi = \left(\frac{\varepsilon - 1}{8\pi n}\right)\frac{e^2}{r^4}. \tag{2}$$

Soit alors r_0 la distance à laquelle va se fixer l'électron à partir du centre de la molécule. Si l'électron vient de l'infini avec une force vive $mV^2/2$, et si l'on admet que l'électron fixé à la molécule ne garde qu'une énergie ciné-

tique négligeable, le transfert d'énergie de l'électron extérieur à l'édifice moléculaire étant aussi négligeable, il y aura une perte d'énergie qui d'après l'ancienne théorie des quanta se retrouverait dans l'émission d'un photon de fréquence ν telle que

$$h\nu = \frac{\varepsilon - 1}{8\pi n}\frac{e^2}{r_0^4} + \frac{1}{2}mV^2; \tag{3}$$

V pouvant prendre des valeurs variables, il y aurait donc émission d'un spectre continu limité inférieurement en fréquence.

Si au lieu d'une molécule isotrope polarisable, on a une molécule à dipôle ou quadrupôle permanent, on est amené à des calculs semblables, avec une complication due aux coordonuées d'angles.

Il est toutefois nécessaire d'examiner le problème dans la Mécanique ondulatoire. Si l'on pose pour la fonction d'onde Ψ

$$\Psi = S_n(\theta, \varphi)\chi(r),$$

en faisant abstraction du facteur de temps, on trouve pour $\chi(r)$ l'équation d'onde

$$\frac{d^2\chi}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{d\chi}{dr} + \left[\frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E + \frac{\varepsilon - 1}{8\pi n}\frac{e^2}{r^4}\right) - \frac{\mu(\mu+1)}{r^2}\right]\chi = 0, \tag{4}$$

avec des notations classiques. J'ai pu démontrer que cette équation n'admet pas de valeurs propres discrètes, ce qui exclut la possibilité d'orbites définies pour l'électron extérieur, avec émission d'un spectre de raies. Il en est de même pour toute une classe d'équations plus générales que (4) et qui correspondent à des problèmes physiques qu'on pourrait se poser. Si l'on envisage l'émission du spectre continu d'après cette équation, on trouve qu'elle ne peut rendre compte de l'existence de la fréquence limite donnée par (3) pour $V = 0$, car dans l'équation (4) rien n'oblige r à se limiter à r_0. Il vaut mieux envisager la question comme un problème de perturbation : on supposera la molécule en train d'émettre son spectre propre, un électron vient se fixer sur elle, l'énergie de perturbation est en première approximation donnée par (3); aux fréquences propres de la molécule viendrait alors s'ajouter, d'après le résultat général du calcul des perturbations, sensiblement la fréquence ν; cette fréquence est dans le rouge pour H^2 et He par exemple. En admettant pour r_0 le rayon même de la molécule, ce qui est une valeur certainement par excès, je calcule en effet les longueurs d'ondes λ correspondant à ν : 5700 Å pour H^2, 9300 Å pour He (par excès). Le spectre de rotation de la molécule H^2 par exemple, qui s'étend dans

l'infrarouge lointain, serait donc entièrement transporté dans le visible, et transformé en spectre continu, dans la création d'un ion négatif. Les calculs pourraient se faire explicitement suivant la méthode de M. L. Brillouin (¹) pour les grosses perturbations.

Or on sait que la brillance du ciel nocturne est, pour la proportion d'un quart environ, d'origine encore inexpliquée, principalement dans le rouge. Dans la haute atmosphère, constituée principalement par l'hélium, nous avons en abondance des électrons libres (couche de Heaviside) à raison de 5.10^5 environ par centimètre cube. On peut estimer qu'un électron y subit 5.10^7 chocs par seconde. Si la probabilité de formation d'un ion dans un choc électron-molécule est α, si dans chaque formation d'ion est émise l'énergie $h\nu = 3,5.10^{-12}$ erg, en lumière rouge correspondant à un rendement de 0,1 watt par bougie, si enfin on raisonne sur une couche de Heaviside de 30^{km} d'épaisseur, alors on s'explique une brillance de l'ordre de 10^{-8} bougie par centimètre carré, comme celle du ciel nocturne, en admettant $\alpha = 4.10^{-11}$. Or cette probabilité, bien que faible, est de l'ordre de celle trouvée dans les cas expérimentaux connus. La formation d'ions négatifs d'hélium ou d'hydrogène dans la couche de Heaviside paraît donc capable de rendre compte d'une bonne partie du spectre continu de la lumière du ciel nocturne.

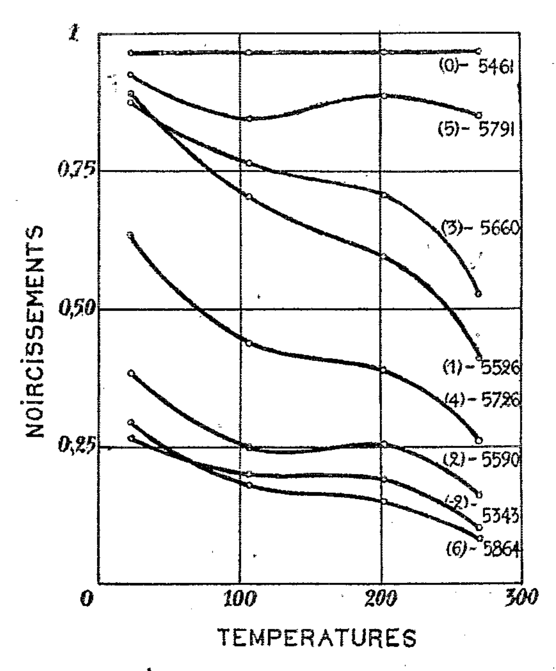
SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de la lumière de fluorescence de I_2 par cette même vapeur.* Note (²) de M. I. I. Agarbiceanu, présentée par M. A. Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier la répartition spectrale de l'absorption de la lumière de fluorescence de I_2 par cette même vapeur, la vapeur absorbante étant portée à différentes températures.

Dans ce but nous avons mis entre la fente du spectrographe et le ballon renfermant la vapeur fluorescente un ballon non vidé, en verre, contenant une trace d'iode. Le ballon était placé dans un four électrique et la lumière de la fluorescence, produite à l'aide d'un dispositif où une lampe Cooper-Hewitt en verre servait de source, le traversait. Nous avons fait sur une même plaque quatre poses à temps d'exposition égal, à 23°, 105°, 203° et

(¹) *Journal de Physique*, 7ᵉ série, 3. 1932, p. 373.
(²) Séance du 14 novembre 1932.

270° (degrés centigrades). Les courbes microphotométriques de ces clichés ont permis de tracer le graphique ci-dessous qui donne, en fonction de la température, la variation du noircissement produit par chaque raie sur la plaque. Admettant que le noircissement est proportionnel aux intensités des raies (sauf pour la raie surexposée 5461) et que les intensités, en absorption comme en émission, sont proportionnelles aux nombres des molécules dans les états correspondant aux diverses raies, les courbes



tracées donnent des indications sur les répartitions des molécules dans ces états et sur les probabilités de passage entre les niveaux respectifs. La partie de l'axe des ordonnées comprise entre 0 et 1 représente l'élongation maximum du spot du microphotomètre. Si l'on considère les valeurs obtenues en calculant d'après ces diagrammes le rapport I23°/I270° pour les raies — 2, 1, 2, 3, 4, 6 on obtient respectivement les valeurs suivantes : 0,38; 0,44; 0,038; 0,59; 0,39; 0,26. On remarque qu'on trouve le même rapport d'absorption voisin de 0,38 pour les raies — 2, 2 et 4. On a constaté également en étudiant l'émission une parenté entre ces termes [1]. On remarque ensuite sur le graphique que les courbes présentent trois régions :

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 123.

elles sont à pente rapide au début, moins rapide ou même ascendante dans la seconde région et descendent ensuite de nouveau rapidement. Si la première région peut s'interpréter par l'accroissement de la densité de la vapeur, la seconde et la troisième sont plus difficiles à expliquer puisque le petit cristal d'iode était complètement vaporisé vers 70°.

La considération du spectre d'absorption de I_2 nous apprend que les raies — 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6 peuvent être absorbées par des molécules appartenant respectivement aux niveaux de vibration qui donnent naissance aux bandes : $[v''=0, v'=32]$; $[(v''=0, v'=24); (v''=1, v'=26)]$; $[(v''=1, v'=24); (v''=0, v'=21)]$; $[(v''=0, v'=19); (v''=1, v'=21)]$; $[v''=0, v'=17)$ (1); $(v''=1, v'=19)]$; $[(v''=0, v'=15)$ (1); $(v''=1, v'=17)$; $(v''=2, v'=19)]$; $[(v''=1, v'=15); (v''=2, v'=17)]$. La loi de répartition de Maxwell-Boltzmann $N_v = Ne^{-\frac{hc\omega v}{kT}}$, entre les niveaux de vibration, ne peut pas expliquer l'allure des courbes. De même la répartition, d'après la même loi, des molécules entre les niveaux de rotation ne peut en donner une interprétation : par exemple la raie — 2 qui se comporte comme la raie 2 se trouve à 15 Å de la tête de bande $[v''=0, v'=32]$ tandis que la dernière se trouve à environ 2 Å de la tête de bande $[v''=0, v'=21]$ (2). Il semble que ce sont les probabilités de passages entre les niveaux inférieurs et supérieurs qui augmentent avec la température.

Il est intéressant de rapprocher ces considérations de l'hypothèse de Turner (3) sur l'augmentation de la probabilité de prédissociation par chocs. Ce phénomène se traduit par l'élargissement des raies d'absorption et correspond à une diminution de la vie moyenne d'une molécule excitée. Il en résulte un accroissement de l'absorption. Nous avons constaté sur des clichés faits au début de cette année, avec un spectrographe à réseau concave, alors que nous ne connaissions pas les travaux de Loomis et Fuller (4), l'action des gaz étrangers sur l'absorption de l'iode. Les microphotogrammes relevés sur ces clichés ont montré une distribution différente de l'intensité suivant que le tube était vide ou non. Dans l'expérience relatée dans cette Note l'absorption se trouve donc augmentée à la fois par l'effet des gaz étrangers présents et par celui des chocs dont le nombre augmente avec la température.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 702.

(2) D'après les règles de sélection on en déduit que les molécules qui absorbent ces deux raies ne peuvent pas avoir le même j''.

(3) L.-A. Turner, *Phys. Rev.*, 41, 1932, p. 627.

(4) F.W. Loomis et H.-B. Fuller, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 180.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Dichroïsme circulaire magnétique et dispersion rotatoire magnétique anormale des solutions de chlorure de cobalt.* Note de M. **M. Schérer**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons pu, dans le champ magnétique du grand électro-aimant de Bellevue, mettre nettement en évidence pour des solutions aqueuses de chlorure de cobalt le dichroïsme circulaire magnétique que M. Cotton recherchait déjà en 1896 (¹). En même temps nous avons précisé les anomalies de leur dispersion rotatoire magnétique.

Le dispositif optique, par lequel on a cherché à perdre le moins de lumière possible, forme une image des sources lumineuses dans le liquide étudié. Il comprend un système afocal de deux lentilles minces et non trempées ($f = 15^{cm}$), logées dans les tubes centraux de l'éléctro-aimant, le foyer commun étant placé au centre de l'entrefer. Le glazebrook polariseur est aussi lui-même placé contre la pièce polaire percée, après la première lentille du système afocal; on peut le faire car dans les champs employés le magnétisme n'exerce aucune influence sensible sur les propriétés optiques du spath quand le faisceau lumineux est normal à l'axe optique. Le faisceau parallèle émergent est analysé avec un appareil de Chaumont dont les plages sont munies d'un prisme de Lippich et d'une lame quart d'onde pour $\lambda = 546^{m\mu}$; le compensateur (immergé) est également $\lambda/4$ pour la même radiation.

La méthode employée est celle de Stokes, de sorte qu'un quart d'onde exact est inutile. Deux monochromateurs à déviation constante émettant des faisceaux parallèles, que l'on peut substituer l'un à l'autre avec un prisme à réflexion totale, permettent d'employer soit les radiations de l'arc au mercure, soit celles émises par une vapeur métallique excitée, par le dispositif d'Esclangon (²), dans un champ oscillant de haute fréquence. Les radiations utilisées sont celles du cadmium, du zinc et du sodium. Nous avons complété les courbes en employant certaines radiations des arcs au cuivre et au fer.

La distance des monochromateurs à l'analyseur est de 5^{m} environ. Les cuves, de 2^{mm} d'épaisseur, fermées par des glaces de verre non trempé, sont placées dans un entrefer de 8^{mm} environ. Le champ moyen est de 50 kilogauss (³).

Ellipticités. — Le double des plus grandes ellipticités 2β mesurées est pour la solution de $CoCl^2$ voisin de $1°,50$ (voir la figure).

La courbe de dichroïsme a un maximum à $510^{m\mu}$ et ne paraît pas exactement symétrique par rapport à ce maximum. L'ellipticité décroît d'ailleurs très rapidement en dehors de la bande, comme dans le cas du dichroïsme

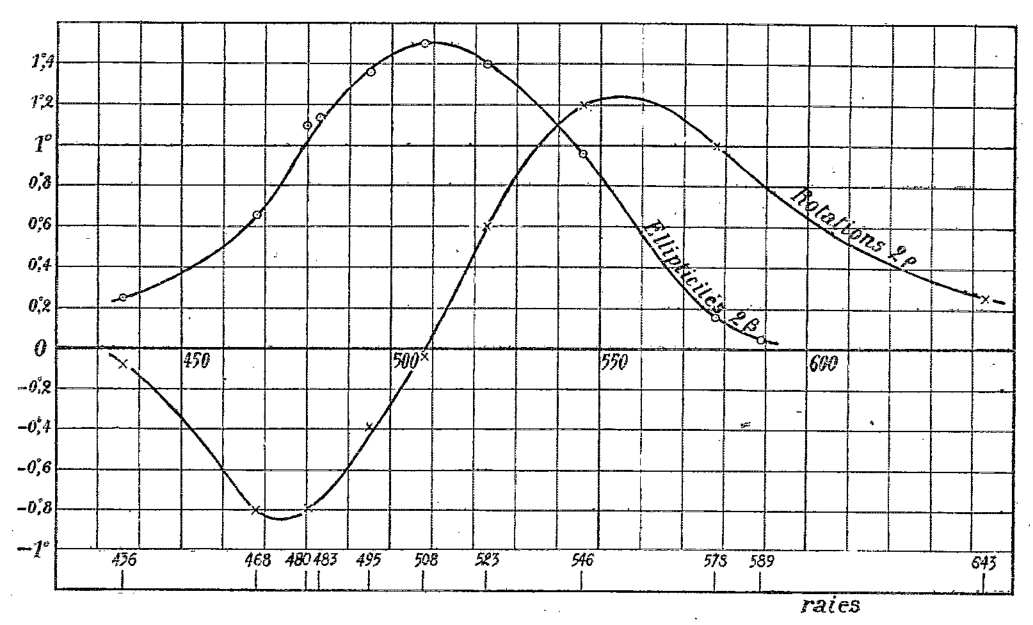
(¹) A. Cotton, *L'Éclairage électrique*, 8, 1896, p. 162 et 199.

(²) F. Esclangon, *Revue d'Optique*, 10, 1932, p. 399.

(³) A. Cotton, G. Dupouy et M. Schérer, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 405.

circulaire naturel. Les vibrations elliptiques observées ont le sens des courants d'Ampère.

Rotations. — Les courbes ci-dessous se rapportent à une solution de densité $d_{19} = 1,122$ et de titre (¹) en $CoCl^2$, $\tau = 0,138$, titre déterminé électrolytiquement par Mme. M.-L. Brouty. Des rotations mesurées on a, bien entendu, retranché celles qui sont dues aux verres de la cuve et les quelques minutes de rotation du verre de la lentille. La courbe du



Chlorure de cobalt en solution aqueuse.

double des rotations magnétiques 2ρ représente la dispersion du sel anhydre. Nous les avons calculées ici, en première approximation, en admettant la loi d'additivité et retranchant simplement des rotations observées celles qui sont dues à l'eau qui se trouve dans la cuve en même temps que le sel anhydre [on les calcule en multipliant par un facteur, voisin d'ailleurs de l'unité, $d(t - \tau)$, la rotation trouvée pour une égale épaisseur d'eau pure].

La courbe des rotations possède un point d'inflexion voisin de $\lambda = 510^{m\mu}$, longueur d'onde du maximum d'absorption de la solution; la bande absorbée s'étendant de 435 à $570^{m\mu}$ environ.

Les rotations sont de signe positif du côté des grandes longueurs d'onde

(¹) R. W. Roberts, *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 397.

et de signe négatif pour $\lambda < 505^{m\mu}$, contrairement aux mesures de K. W. Roberts sur le même sel (*loc. cit.*). La rotation maximum est plus grande en valeur absolue du côté rouge.

Les courbes de dispersion rotatoire magnétique pour des concentrations plus fortes ont toutes la même allure, la dissymétrie par rapport au point d'inflexion allant en s'accusant. Sur les deux bords de la bande d'absorption $d\rho/d\lambda$ a le même signe (—) et une valeur absolue élevée ainsi que le prévoyait déjà M. Cotton

Des mesures sur d'autres corps sont en cours.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude des tensions dans le cuivre électrolytique déposé en présence de quelques colloïdes.* Note [1] de M. **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai donné [2] les résultats de l'étude des tensions du cuivre électrolytique obtenu en présence de quantités variables de gélatine. Je rappelle que la quantité minimum de colloïde capable de modifier nettement la structure du dépôt avait été trouvée comprise entre $0^{mg},5$ et 1^{mg} par litre, valeur identique au nombre d'or de cette subtance. Les expériences ont été répétées avec d'autres colloïdes dans le but de voir s'il était encore possible de mettre en évidence une relation entre le pouvoir protecteur du colloïde vis-à-vis d'un sol d'or et son pouvoir de modifier la structure du dépôt de cuivre.

Le mode opératoire a été décrit dans la Note précédente. Les valeurs obtenues ici ne sont pas directement comparables à celles fournies par la gélatine par suite de légères différences dans les propriétés élastiques des lames cathodiques. Pour faciliter les comparaisons j'ai indiqué les valeurs des tensions du cuivre gélatiné en tenant compte de ces différences d'élasticité.

Les colloïdes étudiés sont : la sérum-albumine [préparée par M. Piettre à partir du sang de bœuf et au moyen de la méthode à l'acétone [3]], la gomme arabique, la gomme adragante et la dextrine. J'ai examiné également l'action d'un amino-acide, le glycocolle, qui possède en effet la pro-

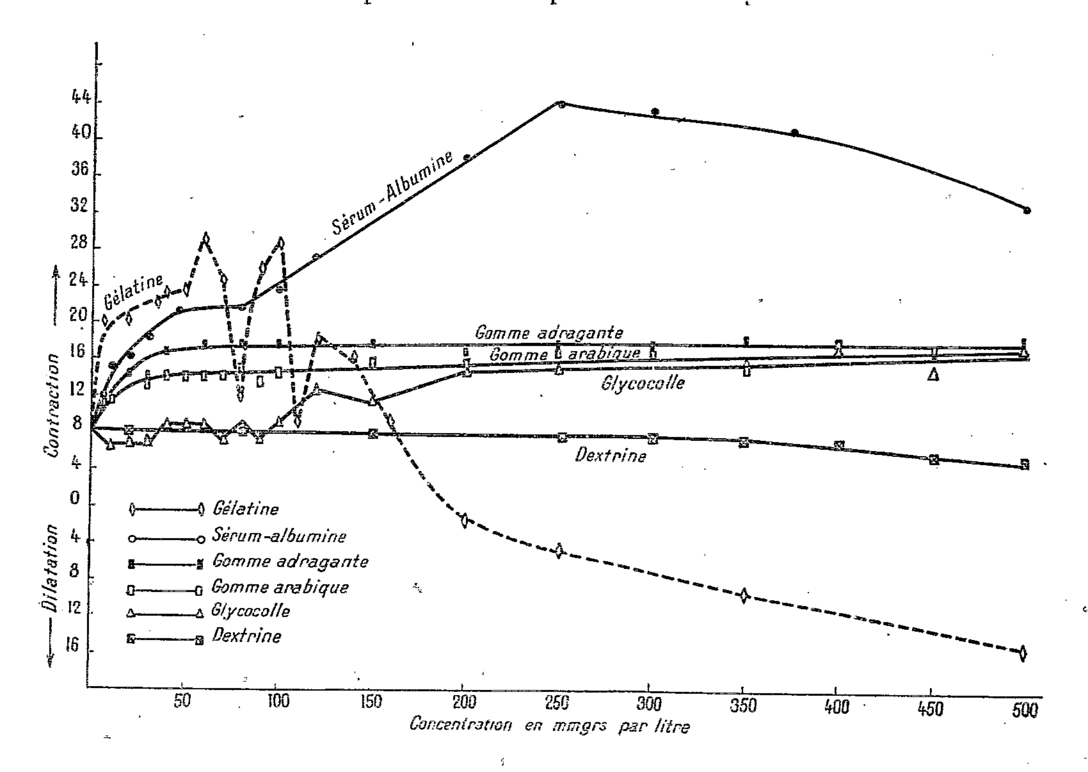
(1) Séance du 7 novembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 456.

(3) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1466; 171, 1920, p. 372.

priété d'agir sur le dépôt électrolytique du cuivre [1]. Ces substances étaient introduites dans l'électrolyte sous forme de solutions à $1^g,25$ par litre.

Résultats expérimentaux. — Ils sont représentés dans le graphique. Les valeurs des tensions expriment les déplacements moyens.



en 1/100e de millimètre de l'extrémité de la cathode pendant une minute d'électrolyse. On voit que chaque colloïde possède une action spécifique sur les tensions du dépôt métallique.

1° La gélatine se différencie nettement des autres substances :

a. Les tensions (contractions) présentent entre 50 et 120^{mg} par litre une série de fluctuations;

b. A partir de la concentration de 20^{mg} par litre on observe des dilatations.

2° Le sérum albumine a une action considérable sur le dépôt. En parti-

(1) C. Marie et Gérard, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 864.

culier on obtient du cuivre extrêmement brillant pour les concentrations en albumine comprise entre 250 et 500^{mg} par litre.

3° La gomme arabique et la gomme adragante ont des actions très voisines; au delà de la concentration de 50^{mg} par litre les tensions sont sensiblement constantes;

4° La dextrine ne modifie pratiquement pas la structure du dépôt;

5° Le glycocolle est peu actif aux concentrations inférieures à 120^{mg} par litre.

En résumé, aux faibles concentrations, les substances étudiées peuvent, au point de vue de leur action sur le dépôt électrolytique de cuivre, se classer en trois groupes :

Premier groupe. — Substances très actives : gélatine, sérum albumine. Ces colloïdes ont un nombre d'or faible (0,005 à 0,10).

Deuxième groupe. — Substances peu actives : gomme arabique et adragante; nombre d'or moyen (0,15 à 2).

Troisième groupe. — Substances à peu près inactives : glycocolle, dextrine. Le nombre d'or de la dextrine est élevé (6 à 12). Quant au glycocolle on peut le considérer comme ayant un faible pouvoir protecteur dû à son moment permanent (¹).

Ces résultats montrent qu'il existe, pour les colloïdes examinés ici, un certain parallélisme entre l'activité protectrice et l'activité sur le dépôt métallique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence du champ magnétique sur l'électrolyse des sels de nickel.* Note (²) de M. **H. Forestier**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avions signalé (³) l'influence accélératrice du champ magnétique sur la vitesse de dissolution du fer (métal ferromagnétique) dans les sels de cuivre, attribuant cette influence à une augmentation de la tension de dissolution du métal; une récente étude de Sborgi (⁴) sur le comportement anodique du fer dans le champ magnétique semble confirmer ce point de vue. Il paraissait intéressant d'étudier parallèlement l'influence du champ magnétique sur la vitesse de dépôt électrolytique d'un métal ferromagné-

(¹) C. Marie et N. Marinesco, *J. Chimie physique*, 27, 1930, p. 455.
(²) Séance du 7 novembre 1932.
(³) H. Forestier, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1421.
(⁴) Sborgi, *Gazz. Chim. Ital.*, 61, 1931, p. 843.

tique, phénomène qui peut être considéré comme inverse du précédent; on pouvait penser, en effet, que le champ exercerait, dans ce cas, une action retardatrice. Cette étude offrait, de plus, la possibilité de trouver ou d'améliorer une méthode de séparation électrolytique de deux métaux dont l'un est ferromagnétique.

Après quelques expériences préliminaires sur le fer et sur le nickel, nous avons commencé par l'étude de l'influence du champ magnétique sur l'électrolyse du nickel, ce dernier métal se déposant plus aisément que le fer, dans des milieux de pH très différents.

Le chlorure et l'azotate ne permettant pas d'obtenir des dépôts adhérents

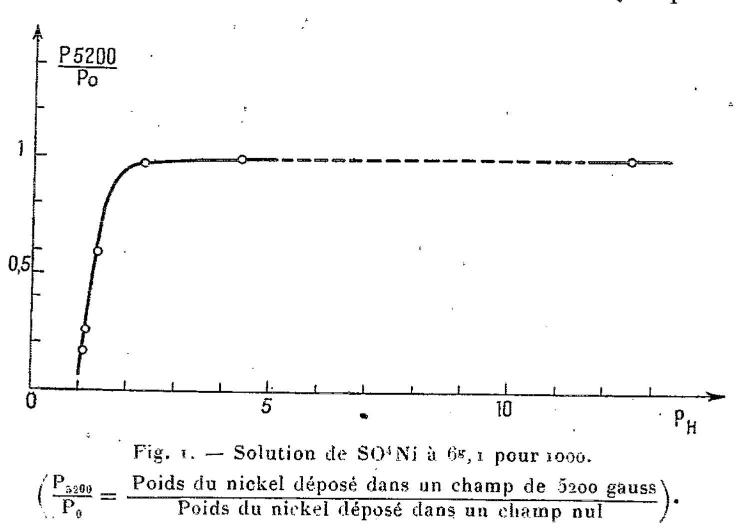


Fig. 1. — Solution de SO^4Ni à 6g,1 pour 1000.

$$\left(\frac{P_{5200}}{P_0} = \frac{\text{Poids du nickel déposé dans un champ de 5200 gauss}}{\text{Poids du nickel déposé dans un champ nul}}\right).$$

en milieu acide, nous avons utilisé le sulfate de nickel, en milieu sulfurique, oxalique ou ammoniacal.

La cuve électrolytique est constituée par un tube de verre de 20^{mm} de diamètre intérieur, maintenu à température constante par une circulation d'eau, et placé dans l'entrefer d'un électro-aimant.

La cathode est constituée par un cylindre en platine poli de 19^{mm} de diamètre sur 30^{mm} de hauteur, l'anode par une spirale de platine enroulée sur un tube de verre de 4^{mm} de diamètre. Ce tube qui plonge au fond de la cuve permet, le cas échéant, de vider ou de remplir celle-ci sans toucher aux électrodes. L'intensité du courant était maintenue constante pendant toute la durée de l'electrolyse, durée limitée à 10 minutes pour éviter de trop grandes variations de concentration.

Les premiers résultats obtenus ont montré que le champ magnétique ne

semblait avoir aucune influence en milieu basique, mais pouvait diminuer considérablement la vitesse de dépôt électrolytique du nickel lorsque l'acidité de l'électrolyte était supérieure à une certaine valeur. La courbe I met en évidence ce phénomène : on voit que lorsque le pH est supérieur à 2,3, le champ a une faible influence accélératrice (due au mouvement de convection de l'électrolyte); au-dessous de pH = 2,3, au contraire, le champ magnétique ralentit la vitesse de dépôt du Ni très fortement quand

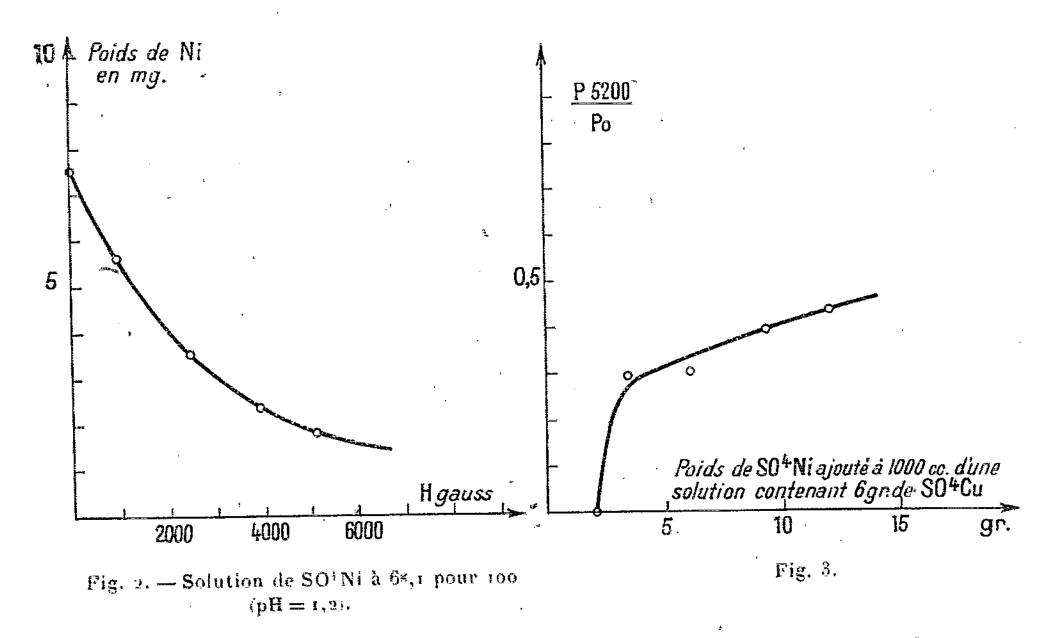


Fig. 2. — Solution de SO^4Ni à 6g,1 pour 100 (pH = 1,2).

Fig. 3.

l'acidité augmente, et tend à arrêter complètement ce dépôt. On peut ainsi pour de faibles concentrations en SO^4Ni (inférieures à 1g/1000) empêcher le métal de se déposer à la cathode. On retrouve les mêmes résultats en effectuant l'électrolyse en milieu oxalique.

Nous avons étudié également les variations de la vitesse de dépôt électrolytique en fonction du champ magnétique. La courbe obtenue (*fig.* 2) montre que le poids de nickel déposé diminue d'abord rapidement quand le champ augmente, puis de plus en plus lentement dans les champs forts, comme si le phénomène dépendait de la saturation magnétique du métal.

Des essais analogues, effectués sur des solutions de sels de zinc et de cuivre ont montré que, dans tous les cas, le champ magnétique avait seulement une faible influence accélératrice sur la vitesse de dépôt du métal, influence due aux mouvements de convection de l'électrolyte. L'action retardatrice

du champ magnétique apparaît donc seulement au cours de l'électrolyse d'un sel de métal ferromagnétique.

Nous avons appliqué cette action à la séparation électrolytique du nickel et du cuivre dans un milieu acide, de pH compris entre 1 et 2. La courbe 3, qui résume les résultats obtenus, montre que l'on peut arriver à arrêter complètement le dépôt de nickel lorsque la concentration de la solution en SO^4Ni est inférieure à 2 gr/1000, dans un champ égal à 5200 gauss.

Ce premier travail semble confirmer dans les grandes lignes, l'existence d'une action retardatrice du champ magnétique, selon l'hypothèse émise au début de cette Note; il montre cependant que l'interprétation du phénomène se complique par suite de l'influence du pH de l'électrolyte. Nous poursuivons cette étude sur les sels de fer et de cobalt.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfure de thorium.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les différentes méthodes actuellement indiquées pour la préparation de ce composé fournissent des corps contenant des impuretés, en général de l'oxygène. La méthode de préparation des sulfures réfractaires, que nous avons décrite pour les dérivés des terres rares, s'applique dans le cas du thorium. Elle consiste à traiter l'oxyde placé dans une nacelle de graphite par un courant d'acide sulfhydrique; la chauffe est effectuée dans un four à résistance de carbone étanche aux gaz. On élève la température à 1200° pendant 1 heure, la réaction s'effectue presque complètement; puis on porte à 1600° pendant 30 minutes; la substance fond et, à ce dernier état, ne contient plus d'oxygène.

Le sulfure de thorium pur est un solide noir présentant au microscope un aspect vitreux, les parties transparentes possédant une teinte bois acajou. Rarement, l'on rencontre quelques facettes brillantes à forme pentagonale avec des angles nettement tracés. La poudre a une couleur gris brun. La densité déterminée dans le tétrachlorure de carbone est $d_0^0 = 7,234$.

L'action de la chaleur dans le vide a été effectuée dans un four à résistance de carbone et un vide voisin du millième de millimètre de mercure. Bien que le corps soit à l'état fondu après sa préparation à 1600°, on constate que, s'il est pur et chauffé sur le graphite, la fusion ne s'effectue qu'à $1925 \pm 25°$. C'est également à cette température que l'on commence à remarquer une très légère volatilisation. Celle-ci reste faible, même à 2000°, la perte de poids après 1 heure étant de 3,7 %. On ne constate ni désulfu-

ration ni carburation. En outre le produit ne dissout pas de graphite et reste totalement exempt de carbone. Si l'on élève la température jusqu'à 2800° dans une atmosphère d'azote ou d'hydrogène on peut alors désulfurer et décarburer ce composé. Après 30 minutes dans l'azote la réaction est complète. Le produit restant se décompose sous l'action de l'eau exactement comme le carbure C^2Th. Le produit a, en outre, dissous 5,62 °/₀ de graphite.

Le chlore et le brome sont sans action sur ce composé à froid. La transformation en chlorure s'effectue à partir de 250°. Le bromure peut être obtenu à froid à condition d'ajouter de l'eau au brome. Il se forme en même temps du sulfate, la réaction est intégrale. L'oxygène fournit de l'anhydride sulfureux à partir de 400°. Il se forme en même temps de l'oxyde et des traces de sulfate. Le soufre et l'acide sulfhydrique ne réagissent pas, même à 800°. L'eau est sans action jusqu'à 200°. Il se forme ensuite de l'acide sulfhydrique et de l'oxyde de thorium. La transformation atteint 2/3 après 2 heures à 300°.

L'acide fluorhydrique en solution aqueuse transforme en fluorure insoluble dès la température ordinaire. L'acide chlorhydrique sec réagit à partir de 300°. En présence d'eau, l'attaque s'effectue très lentement et à froid.

L'anhydride sulfureux fournit de l'oxyde de thorium et du soufre à partir de 400°. L'acide sulfurique dilué à froid conduit au sulfate peu soluble. Le même acide concentré est sans action à la température ordinaire, même après plusieurs jours. Si l'on chauffe, on obtient du sulfate. L'ammoniac gazeux sec ne réagit pas à 1000°. L'acide azotique dilué au 1/10ᵉ transforme le produit en nitrate. Le soufre se libère en partie à l'état libre, mais on ne trouve pas de sulfate; ce dernier corps, par contre, s'obtient avec l'acide nitrique concentré ou l'eau régale.

L'anhydride carbonique réagit à partir de 440° et rapidement à 500°. Avec le gaz bien desséché et dans un appareil préalablement privé d'air par le vide de la trompe à mercure, la totalité du soufre se sépare sous forme élémentaire, le métal passe à l'état d'oxyde, et l'anhydride carbonique fournit quantitativement de l'oxyde de carbone.

Le magnésium est inactif à 800°. La lessive de soude est presque sans action à froid. A chaud, très lentement, le soufre et le thorium sont tous deux solubilisés, le soufre à l'état de sulfure. La réaction est rapide par fusion avec la soude caustique, mais l'oxyde de thorium reste alors insoluble.

Les oxydants se comportent différemment suivant leur nature. A froid, le ferricyanure de potassium donne de l'oxyde de thorium et du soufre, il ne se forme pas de sulfate; mais c'est ce sel que l'on obtient en utilisant l'eau oxygénée neutre ou le permanganate de potassium.

En résumé, le sulfure de thorium pur doit être préparé à une température de 1600° dans une nacelle de graphite par action de l'acide sulfhydrique sur l'oxyde de thorium. Ce composé est particulièrement stable et ne subit aucune action par la chaleur au-dessous de 1925°. La fusion dans le vide s'effectue à cette température et elle s'accompagne d'une très légère volatilisation. La désulfuration et la carburation ne prennent naissance que bien au-dessus de 2000°. Le produit formé est le carbure C^2Th.

Les propriétés physiques et chimiques du sulfure diffèrent notablement de celles des produits impurs préparés antérieurement. Les réactions sont assez analogues à celles que nous avons indiquées pour les sulfures de terres rares. Les températures d'attaque sont parfois plus basses, en particulier dans le cas de l'anhydride carbonique qui conduit quantitativement à l'obtention d'oxyde de thorium, de soufre et d'oxyde de carbone. Par contre, le chlore, le brome, les acides chlorhydrique et sulfurique anhydres ainsi que l'eau sont absolument sans action à la température ordinaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Couleur et structure des oximes et des semi-carbazones.* Note (¹) de Mme **Ramart-Lucas** et Mme **M. Grumez**, présentée par M. Urbain.

La connaissance de la couleur d'oximes et de semi-carbazones de constitutions différentes va permettre de préciser la nature des isoméries dans ces deux classes de composés et de montrer que la conception d'une isomérie stéréochimique ne suffit pas toujours à expliquer les faits observés.

Nous avons mesuré l'absorption, dans l'ultraviolet, d'un certain nombre d'oximes et de semi-carbazones de mono, di et trialcoylacétophénones et d'éthers cétoniques. Nous n'exposerons ici que ce qui concerne les oximes des acétophones, mais nous avons constaté exactement le même phénomène pour toutes les séries étudiées.

Ces mesures ont montré que toutes les oximes des cétones $R.CH^2.CO.C^6H^5$ ont, aux erreurs d'expérience près, la même absorption et que, de même,

(¹) Séance du 14 novembre 1932.

les oximes des cétones $(R)^3C.CO.C^6H^5$ ont toutes la même absorption, mais qu'il existe une très grande différence de couleur entre ces deux séries d'oximes. Non seulement les bandes d'absorption pour l'une et l'autre de ces séries n'occupent pas les mêmes positions, mais encore la forme des bandes est tout à fait différente, ainsi qu'on peut le voir sur la figure 2

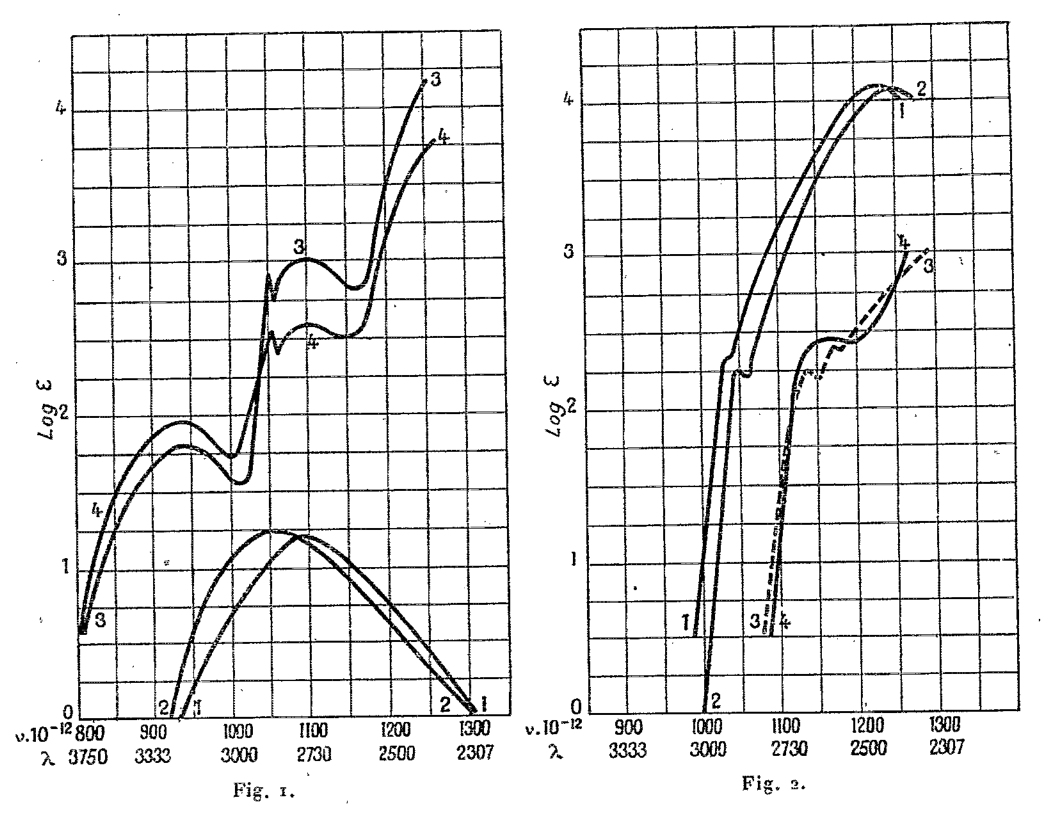


Fig. 1. Fig. 2.

où sont tracées les courbes des oximes de cétones $R.CH^2.CO.C^6H^5$ (courbe 1), et celle des oximes de cétones $(R)^3C.COC^6H^5$ (courbe 3).

En tenant compte de ce que l'on connaît des relations entre la structure des molécules et leur couleur, discutons quelles structures on peut raisonnablement attribuer à ces deux séries de composés.

D'après leur formule plane ces oximes ne diffèrent que par le nombre de radicaux R fixés en α vis-à-vis du groupe fonctionnel. Or, à notre connaissance, pour tous les cas étudiés jusqu'ici, la modification de couleur due à l'introduction de radicaux alcoyles en α vis-à-vis d'un chromophore se traduit par un glissement des bandes et une variation dans l'intensité d'absorp-

tion sans que la forme générale des bandes soit profondément modifiée. A titre d'exemple, nous donnons (*fig.* 1) les courbes d'absorption de l'acétone (1), de la pinacoline (2), de la butylphénylcétone (3) et enfin celle de la triméthylacétophénone (4). En sorte que la différence de structure tenant au nombre de radicaux situés en α vis-à-vis du groupement fonctionnel ne peut justifier la différence d'absorption des deux séries d'oximes.

On peut également écarter l'hypothèse suivant laquelle toutes les oximes d'une même série auraient une configuration « syn » et toutes les oximes de l'autre une configuration « anti ». Si, en effet, deux stéréoisomères cis et trans, ou syn et anti, ont des couleurs différentes, ces différences sont faibles et consistent en un déplacement et une variation d'intensité des bandes de l'un des isomères par rapport à celles de l'autre sans que la forme des courbes change sensiblement (il en est ainsi en particulier pour les deux oximes de la benzaldéhyde et celles de leurs éthers) [1].

La différence des couleurs entre les deux séries d'oximes ne peut donc s'expliquer que par une différence dans la structure du groupement fonctionnel caractéristique, différence qui va être suggérée par des correspondances déjà connues entre structure et « couleur ».

En ce qui regarde les oximes des cétones $R.CH^2.CO.C^6H^5$, leur absorption est analogue à celle de composés possédant le groupe $\begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix}\!\!>\!C=$. La courbe de l'$\alpha$-méthylstyrolène (*fig.* 2 courbe 2) est en effet étrangement semblable à celle de la monoalcoylacétophénone-oxime (courbe 1).

En sorte que pour cette série d'oximes l'une des formules $C^6H^5.\underset{\|}{C}{-}CH^2R$
$\quad N.OH$

ou $C^6H^5.\underset{|}{C}=CH.R$ peut parfaitement convenir sous les deux formes syn
$\quad NHOH$

et anti.

Pour les oximes des trialcoylacétophénones leur absorption correspond à celle de composés dans lesquels l'atome de carbone fixé sur le noyau benzénique n'est lié que par une valence aux atomes voisins et leur absorption est tout à fait semblable à celle d'un phényléthylène-oxyde. La courbe 4 de la figure 2, qui est en effet la courbe d'absorption du composé $C^6H^5C - C.C^6H^5$, se rapproche tout à fait de celle de l'oxime.
$CH^3 \; O \; CH^3$

(1) OSCAR LISLE BRADY, (*Journ. Chem. Soc.*, 105, II, 1914, p. 2104.

On est ainsi conduit à assigner à ces oximes la formule proposée autrefois par Beckmann : $C^6H^5.\underset{R\quad O}{C-NH}$, et à laquelle on semblait avoir renoncé.

En résumé : l'absorption, dans l'ultraviolet, des oximes et des semicarbazones montre que non seulement ces substances peuvent exister sous deux formes stéréochimiques, mais aussi sous deux formes isomères dans lesquelles le groupe fonctionnel est différent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Extension des procédés de création des rubrènes. Application à la synthèse d'un dichlorodiphénylrubène*, $C^{30}H^{18}Cl^2$: *préparation pratique de ce corps à partir du dibenzoylméthane.* Note (¹) de MM. **Charles Dufraisse** et **Raymond Buret**, présentée par M. Delépine.

Pour les motifs antérieurement exposés à diverses reprises, le nombre et le choix des rubrènes accessibles par les synthèses que nous avons fait connaître sont très limités. C'est pourquoi, tout en continuant à exploiter au mieux nos anciens procédés de création, nous en recherchons de nouveaux.

Dans ceux qui vont être décrits, nous avons eu en vue d'obtenir des molécules plus simples, avec la perspective de pouvoir un jour, à la suite de simplifications et de troncatures successives du rubrène, mettre à nu le groupement carboné auquel est due l'oxydabilité spéciale (aptitude à fixer l'oxygène et à le restituer).

De là l'idée de supprimer tout d'abord l'un des phényles de la substance mère du rubrène, le chlorure de phényléthinyldiphénylméthyle, corps dont la transformation est schématisée par l'équation suivante :

$$2\left[\begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle Cl}{C}-C\equiv C-C^6H^5\right]=\underset{\text{Rubrène ordinaire.}}{C^{42}H^{28}}+2\,ClH$$

D'après des expériences antérieures (²), le remplacement de l'un quelconque des trois phényles par un alcoyle s'oppose à la production de rubrène, probablement à cause de la présence d'hydrogène sur le premier

(¹) Séance du 14 novembre 1932.

(²) A. Willemart, *Ann. de Chimie*, 10ᵉ série, 12, 1929, p. 345.

carbone du radical. Aussi, dans les recherches actuelles, le substituant a-t-il été choisi exempt d'hydrogène; on a tenu en outre à ce qu'il ait, comme le phényle, le caractère électronégatif, afin d'atténuer au maximum les perturbations consécutives à l'échange. Le substituant adopté a été l'atome de chlore, qui remplissait bien ces conditions; comme substitué, on a pris l'un des deux phényles géminés de l'acétylénique initial. La matière première devenait ainsi un chlorure de phényléthinylphénylchlorométhyle et l'on en escomptait un rubrène avec deux chlores remplaçant deux phényles suivant l'équation :

$$2\left[\begin{matrix}C^6H^5\\Cl\end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}} - C \equiv C - C^6H^5\right] = \underset{\text{Dichlororubène.}}{C^{30}H^{18}Cl^2} + 2\,ClH.$$

En vue de créer l'acétylénique dichloré $C^6H^5 - CCl^2 - C \equiv C - C^6H^5$, générateur supposé du dichlororubène, on a traité par le pentachlorure de phosphore la cétone correspondante, le benzoylphénylacétylène :

$$C^6H^5 - CO - C \equiv C - C^6H^5.$$

Il en est résulté, non le corps intermédiaire cherché, mais, ce qui revenait au même pour la suite, son dimère $C^{30}H^{20}Cl^4$, cristaux jaunes fondant

Fig. 1. — Rubène.

Fig. 2. — Dichloro-1.1'-diphényl-3.3'-rubène.

instantanément vers 310°, mais se décomposant bien avant. Conformément aux prévisions, cette substance a perdu facilement 2ClH, en donnant le rubrène chloré attendu $C^{30}H^{18}Cl^2$, où l'on compte douze carbones de moins que chez le rubrène ordinaire. Ce nouveau composé se présente en cristaux foncés, rouge grenat, fondant instantanément à 251°. Sa constitution est fixée par le mode même d'obtention : en appelant rubène le dibenzobifulvène, encore inconnu (*fig.* 1), et en adoptant la numérotation de l'indigo (voir, pour cette nomenclature, *Bulletin de la Société chimique*, 1932), le nouveau produit est le dichloro-1.1'-diphényl-3.3'-rubène (*fig.* 2).

Il y avait intérêt, pour une préparation pratique, à éviter la cétone acétylénique, trop onéreuse. On y est parvenu en s'inspirant de la deuxième des réactions générales de formation des rubrènes ([1]) qui utilise comme terme de départ une cétone éthylénique, par exemple le benzoyldiphényléthylène :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!> C = CH - CO - C^6H^5 \xrightarrow{+PCl^5} \underset{\text{Rubrène ordinaire.}}{C^{42}H^{28}}$$

Ici encore on s'est proposé de reproduire le même genre de transformations, à cette différence près qu'un chlore devait se trouver à la place de l'un des phényles géminés dans la molécule de départ :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ Cl \end{matrix} \!\!> C = CH - CO - C^6H^5 \xrightarrow{+PCl^5} \underset{\text{Dichlororubène.}}{C^{30}H^{18}Cl^2}$$

A cet effet, l'on a pensé à une matière première banale le dibenzoylméthane, $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$, ou plutôt à sa forme céto-énolique $C^6H^5 - COH = CH - CO - C^6H^5$, avec l'idée que, dans un premier temps, le pentachlorure de phosphore substituerait un chlore à l'oxhydryle. La cétone éthylénique chlorée $C^6H^5 - CCl = CH - CO - C^6H^5$ n'a pas été isolée. Elle se forme assurément, mais elle est aussitôt attaquée par le réactif, car les premiers termes isolables sont des corps à la fois phosphorés et chlorés, d'ailleurs très fragiles ([2]). Peu importe du reste, puisque, par action ultérieure appropriée du réactif, ces corps fournissent avec de bons rendements le dérivé jaune $C^{30}H^{20}Cl^4$, générateur du dichlororubène.

Ainsi donc, par un traitement convenable au pentachlorure de phosphore, on transforme le dibenzoylméthane en un rubrène d'un type nouveau, le dichlorodiphénylrubène.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de la gœthite.* Note de M. S. Goldsztaub, présentée par M. Wallerant.

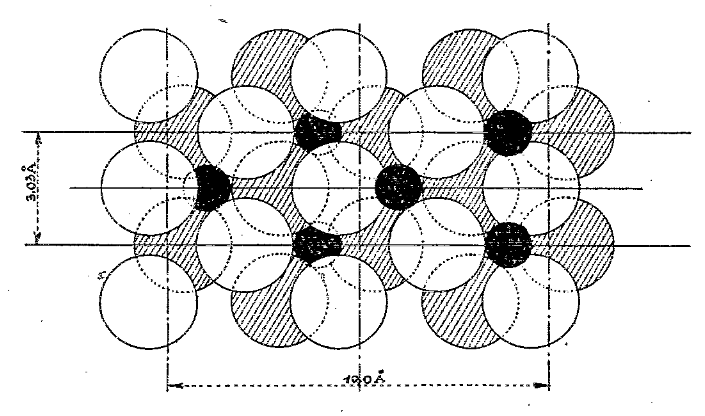
La gœthite, hydrate ferrique Fe^2O^3, H^2O, cristallise dans le système orthorhombique. J'ai déterminé antérieurement ([3]) ses paramètres ainsi que le groupe de symétrie. A savoir $a = 4{,}64$, $b = 10{,}0$, $c = 3{,}03$ Å,

([1]) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et N. Drisch, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 548.
([2]) R. Buret, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1353.
([3]) S. Goldsztaub, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 533.

groupe de symétrie V_h^{16} *b n m*. On trouve que la maille contient deux molécules $Fe^2O^3H^2O$. Pour trouver la structure il faut donc définir la position de 4 atomes Fe, de 8 atomes O et de 4 atomes H.

Dans cette détermination j'ai été guidé : 1° par la parenté des réseaux de la gœthite et de l'oligiste mise en évidence par la pseudomorphose de la gœthite en oligiste par deshydratation (¹); 2° par l'analogie de la gœthite avec le diaspore dont la structure vient d'être publiée par M. Deflandre (²).

Les atomes d'oxygène dans l'oligiste forment un assemblage sensiblement hexagonal compact; nous admettrons que dans la gœthite il en est de même. Leur position par rapport aux plans de symétrie est indiquée sur la figure.



Les traits pleins indiquent les plans de symétrie vrais *m*, les traits mixtes les plans de symétrie *n* avec le glissement diagonal $1/2\,(\vec{a}+\vec{c})$, les plans *b* avec glissement $1/2\,\vec{b}$ sont parallèles au plan de la figure et situés au niveau 0 et 1/2. En prenant pour origine le point commun aux trois plans de symétrie *bnm*, on trouve pour les 8 atomes d'oxygène les coordonnées suivantes :

$$0,\ \xi,\ 0;\quad 0,\ \frac{1}{2}+\xi,\ 0;\quad \frac{1}{2},\ \bar{\xi},\ \frac{1}{2};\quad \frac{1}{2},\ \frac{1}{2}-\xi,\ \frac{1}{2};$$

$$\frac{1}{2},\ \eta,\ 0;\quad \frac{1}{2},\ \frac{1}{2}+\eta,\ 0;\quad 0,\ \bar{\eta},\ \frac{1}{2};\quad 0,\ \frac{1}{2}-\eta,\ \frac{1}{2};$$

$$\xi=\frac{1}{24};\qquad \eta=\frac{1}{4}-\xi=\frac{5}{24}.$$

(¹) S. Goldsztaub, *loc. cit.*

(²) M. Deflandre, Diplôme Paris 1932.

Les atomes de fer doivent occuper des lacunes comprises entre les atomes d'oxygène. Ces lacunes sont de deux sortes : des lacunes octaédriques au nombre de 8 dans la maille élémentaire et des lacunes tétraédriques au nombre de 16 homologues 4 à 4. Les centres de ces lacunes ont pour coordonnées

$$u, v, 0; \quad \bar{u}, \frac{1}{2}+v, 0; \quad \frac{1}{2}+u, \bar{v}, \frac{1}{2}; \quad \frac{1}{2}-u, \frac{1}{2}-v, \frac{1}{2}.$$

Il n'existe que trois arrangements distincts obtenus en donnant aux coordonnées des Fe les valeurs suivantes :

$$u=\pm\frac{1}{4}; \quad v=\frac{3}{8} \text{ (lac. octaédr.)},$$

$$u=\pm\frac{1}{8}; \quad v=\frac{5}{24}; \quad u=\pm\frac{3}{8}, \quad v=\frac{1}{24} \text{ (lac. tétraedr.)}.$$

Pour choisir entre ces différentes solutions, j'ai comparé les intensités relatives des taches obtenues sur des diagrammes de cristal tournant avec les radiations K de Fe et de Mo. J'ai trouvé que

la tache	(172)	est plus intense que	(152)
»	(151)	»	(131)
»	(433)	»	(413)
»	(151)	»	(130)

Pour que ces différentes inégalités soient satisfaites, il faut que v soit compris dans les intervalles suivants :

$$\frac{3}{8} < v < \frac{3}{8}+\frac{1}{32} \quad \text{et} \quad \frac{7}{8} < v < \frac{7}{8}+\frac{1}{32}.$$

Mais ces deux intervalles sont équivalents puisque $v=3/8$ et $v=7/8$ diffèrent de la translation $1/2\,\vec{b}$.

Ces valeurs de v correspondent à des points placés à l'intérieur des lacunes octaédriques. Une détermination plus précise du paramètre v est obtenue par l'étude des réflexions successives sur le plan $g^1(010)$: la tache (080) n'apparaissant pas sur les clichés, doit être très faible, ce qui conduit à attribuer à v la valeur $3/8+1/45=0,397$. Des tâtonnements m'ont conduit à admettre pour u la valeur $u=\frac{1}{4}+\frac{1}{20}=0,30$.

De sorte que les coordonnées des atomes de Fe et de O s'écrivent :

$$O_1\left\{\begin{array}{ccc} 0 & \frac{1}{24} & 0 \\ 0 & \frac{13}{24} & 0 \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{24} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{11}{24} & \frac{1}{2} \end{array}\right. \qquad O_2\left\{\begin{array}{ccc} \frac{1}{2} & \frac{5}{24} & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{17}{24} & 0 \\ 0 & -\frac{5}{24} & \frac{1}{2} \\ 0 & \frac{7}{24} & \frac{1}{2} \end{array}\right. \qquad Fe\left\{\begin{array}{ccc} 0,30 & 0,397 & 0 \\ -0,30 & 0,897 & 0 \\ 0,80 & -0,397 & 0,5 \\ 0,20 & 0,103 & 0,5 \end{array}\right.$$

Les atomes d'hydrogène jouant un rôle négligeable dans les phénomènes de diffraction, il est impossible d'avoir des renseignements sur leur position par les rayons X.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la géologie de la région stannifère du Nam Pha Thène (Laos).* Note ([1]) de M. **Jacques Fromaget.**

Les travaux exécutés au cours des cinq dernières années, soit pour l'exploitation, soit pour la recherche de gîtes d'étain, dans la vallée du Nam Pha Thène (Laos), me permettent d'apporter aujourd'hui un supplément de renseignements ([2]).

Au point de vue stratigraphique ([3]), la série sédimentaire s'enrichit par le bas d'une unité. Ce sont des calcaires souvent fossilifères et toujours métamorphisés; ils ne sont encore connus en affeurement qu'au-dessus de la laverie de Boneng, où ils dessinent un petit anticlinal complexe érodé et probablement faillé à l'Ouest et recouvert à l'Est par des sédiments de l'Anthracolithique inférieur comprenant quelques lydiennes, puis des schistes jaunes ou mauves, des schistes gréseux et finalement des grès. Ces calcaires sont noirs, cristallins et présentent de nombreuses sections de Brachiopodes lisses biconvexes, mais aucune trace de Productidés; en outre les Anthozoaires de petite taille y sont assez communs. Les seuls fossiles que j'ai pu identifier sont : une *Martinia* comparable à *M. inflata* du

([1]) Séance du 14 novembre 1932.

([2]) Je dois ces renseignements à MM. Claude, Saint-Maurice et Reiss, qui m'ont fourni des échantillons et permis de suivre leurs travaux.

([3]) Voir J. Fromaget, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 16, II, 1927.

Givétien et un *Favosites*. Au Nord-Ouest de la laverie, ce Dévonien s'enfonce rapidement et ne reparaît plus à la surface. Un peu plus au Nord, il semble que ce soient ces calcaires, qu'une galerie ouverte sous la cote 301, ait effleuré. En ce point, ils sont complètement marmorisés et leur couverture également très métamorphisée est constituée par des brèches décomposées, quartzeuses, feldspathiques et à grandes lames d'amphibole; ces roches profondément altérées ne se prêtent pas à une détermination précise. Elles contiennent une faible quantité d'étain et sont parcourues par un réseau de filonnets sulfurés et d'un microgranite très quartzique contenant également un peu de cassitérite. D'autres calcaires présentant les mêmes caractères, mais paraissant plutôt constituer des amygdales au sein de roches schisto-gréseuses métamorphiques, ont été reconnus dans différents sondages.

A Phon Tiou, près de la gendarmerie, quelques calcaires occupant une position analogue aux précédents sont en relation soit avec des grenatites qui renferment un minéral paraissant être l'idocrase récemment signalée par M. Orcel [1]; elles passent à des grenatites à diopside, soit avec des cornéennes à pyroxène. Voilà pour les roches sédimentaires.

En ce qui concerne les roches éruptives, les découvertes ne sont pas moins intéressantes. La masse granitique profonde appartient comme l'on sait à un granite monzonitique à la limite des granodorites, ainsi qu'il ressort de l'analyse de M. Raoult, communiquée par M. A. Lacroix [I (II).4'.3. (3) 4] :

SiO^2, 67,14; Al^2O^3, 15,71; Fe^2O^3, 0,96; FeO, 2,83; MgO, 1,20; CaO, 4,18; NaO^2, 3,21; K^2O, 3,60; TiO^2, 0,46; P^2O^5, 0,16; H^2O+ 0,61; H^2O- 0,22; MnO, 0,12; total : 100,30.

Ce granite est en relation avec des roches moins acides, en particulier avec des microdiorites quartziques à biotite et à plagioclases zonés; il est traversé par une série plns acide, filouienne, qui vient seulement d'être découverte. Ce sont des microgranites à grands quartz corrodés, dont tous les feldspaths ont été transformés en damourite. Cette damouritisation a dû se produire sous l'influence des émanations métallifères, car la cassitérite existe à la fois dans le microgranite (2 pour 100 dans un échantillon) et dans les roches qu'il traverse. Ces microgranites se trouvent sur les bords Nord-Est (Boneng) et Nord-Ouest (Ban Tong Ka) du massif granitique.

---

(1) *C. R. Congrès Sociétés savantes, Besançon* (Sect. Sci.), 1932, p. 190.

Leurs filons, dirigés au Nord-Nord-Ouest, traversent le granite et sa zone de contact qu'ils paraissent même avoir dépassée au Nord de Ban Tong Ka; ils sont souvent en relation avec un greisen. On ne les connaît pas encore auprès du grand filon de Phon Tiou dont les épontes sont constituées en partie par des quartzites à muscosite.

Je citerai, tant à Phon Tiou qu'à Boneng, de nombreux filonnets sulfurés dont l'un m'a paru particulièrement intéressant; il est complexe, formé d'une masse spongieuse, gris noir avec parties verdâtres, constituée essentiellement par du mispickel et son produit d'altération, la scorodite; l'analyse y a révélé, avec l'existence de 4,5 pour 1000 de cassitérite, celle de 0,5 d'étain soluble et de 0,6 de cuivre, ce qui, en indiquant la présence de la stannine, vient à l'appui de l'opinion que M. A. Lacroix émettait déjà en 1901 (1) sur l'origine sulfurée probable des gîtes de cette région. Cette hypothèse se confirme encore à Nong Sun, au Sud de B. Tong Ka, où les sondages, après avoir traversé la limonite stannifère jusqu'au niveau hydrostatique, ne rencontrèrent plus au-dessous que de la pyrite, dans laquelle l'étain n'était pas récupérable à la battée.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge probable de la série du Doui dans le Moyen Chélif (Algérie).* Note (2) de M. **P. Geoffroy**, présentée par M. de Launay.

Nous avons appelé (3) série du Doui un ensemble de couches où abondent les horizons détritiques de faciès très caractéristique, affleurant dans le Moyen Chélif (Djebel Doui). Des couches identiques affleurent aux environs d'Oran. L'étude comparée de ces deux groupes d'affleurements nous a permis de préciser la définition de cette série et d'établir son âge probable.

La présente Note a trait à la région du Moyen Chélif (4).

L'âge primaire présumé de la série du Doui, attribuée au Silurien et au Permien dans le Moyen Chélif (au permien seulement en Oranie), était, en l'absence d'autres preuves, déduit de son antériorité à des formations calcaires attribuées au Lias. On invoquait également, en faveur de l'âge

---

(1) *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, **24**, 1901, p. 422-425.

(2) Séance du 13 juin 1932.

(3) P. Geoffroy et Th. Koulomzine, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 549-552.

(4) Voir les feuilles : *Miliana*, *Carnot*, *Orléansville* de la Carte géologique au 1/50000e de l'Algérie.

primaire, le faciès détritique singulier de la série et le léger métamorphisme qu'elle a subi.

Ces deux conditions rendent très peu probables la découverte de documents paléontologiques qui, pour l'instant, font complètement défaut. Malgré cette carence, nous nous proposons de montrer, à la lumière de faits nouveaux ou connus, que cette série est probablement d'âge jurassico-crétacé.

Le fait stratigraphique nouveau le plus important et le plus général est l'absence d'affleurements jurassiques datés et de faciès franchement marin, entre les massifs de Tenès et du Chenoua, au Nord du Moyen Chélif, et au Sud, le massif de l'Ouarsenis avec son bastion avancé le dôme du Louarah. Nous pensons avoir montré que les formations calcaires (calcaires du Zaccar) et leur équivalent latéral schisteux, surincombant à la « série du Doui » sont au plus d'âge barrémien-aptien. En outre, nous avons recueilli, dans des couches marno-calcaires affleurant près d'Orléansville et rapportées jusqu'ici au Callovo-oxfordien sur la foi d'une ancienne découverte paléontologique qui n'a jamais été vérifiée ni confirmée, un Inocérame qui ne saurait être antérieur au Cénomanien.

Si la série du Doui était d'âge primaire, la région du Moyen Chélif devrait présenter les caractères d'une transgression éocrétacée sur une pénéplaine primaire. La carte détaillée du Djebel Doui [1], dont nous allons exposer les traits principaux, montre qu'il n'en est rien.

On peut dans cette série distinguer trois termes :

a. Au sommet, des schistes d'un gris verdâtre, très légèrement métamorphiques, dont l'épaisseur, entre le massif de Littré et celui dn Doui, atteint au moins 1000^{m}. Ce terme est très chargé de bancs de quartzites et passe à :

b. Des quartzites en bancs épais et des poudingues à éléments quartzeux avec passages latéraux des uns aux autres, formation d'allure lenticulaire. L'épaisseur de ce terme est de 50^{m} environ. A son tour il passe à :

c. Des schistes, tantôt gréseux, tantôt phylliteux avec nombreux bancs de quartzites. L'épaisseur totale, inconnue, dépasse 500^{m}. La couleur violette de ces schistes est due à un léger métamorphisme qui, à l'aplomb du Djebel Doui, envahit toute la série et atteint même les schistes barrémiens,

Ces trois termes ne sont bien séparables que sur le flanc nord du Doui.

---

[1] Cette carte sera publiée prochainement par le Service de la Carte géologique de l'Algérie.

Sur les autres flancs, les couches barrémiennes sont en effet légèrement transgressives sur la série qui nous occupe. Il ne s'agit cependant que d'une transgression d'ordre inférieur, n'offrant nullement l'ampleur et la netteté des transgressions d'âge jurassique ou crétacé, sur une pénéplaine authentiquement primaire, transgressions bien connues en Afrique du Nord.

Fait très important, le métamorphisme de la série du Doui ne diffère pas, en étendue et en intensité, de celui des couches barrémiennes et ce léger métamorphisme s'est produit simultanément pour les deux groupes de couches. En effet, on observe au sommet du Djebel Doui, repris dans une lentille de calcaire barrémien, des galets de schistes appartenant à la série du Doui. Ces galets, préservés qu'ils ont été par le ciment calcaire, ne sont pas métamorphiques et par conséquent ne l'étaient pas au moment de leur dépôt, alors qu'aux alentours, les schistes barrémiens comme ceux de la « série du Doui » offrent une couleur violette, caractère apparent de leur métamorphisme.

Nous avons déjà signalé que l'activité volcanique, en partie contemporaine de la série du Doui, prend seulement fin au début du Crétacé moyen. On n'est donc pas en droit comme on l'a fait d'établir un parallèle entre ce volcanisme et le volcanisme andésitique permien.

En résumé, à cause : 1° de l'absence de couches jurassiques en situation normale sur la série du Doui ; 2° de l'absence de discordance notable entre les couches barrémiennes et celles de cette série; 3° du métamorphisme simultané des deux groupes de couches, il nous est impossible d'introduire entre les couches barrémiennes, les plus anciennement datées dans la région (bien pauvrement d'ailleurs), et la série du Doui, une lacune stratigraphique notable.

Bien plus, on peut observer, dans le massif de Littré par exemple, *qu'il y a continuité parfaite de sédimentation* entre les couches barrémiennes et le terme *a* de la série du Doui, terme dont on peut ainsi faire du Néocomien.

L'exposé de faits observables aux environs d'Oran montrera que l'on est conduit à classer dans le Jurassique les termes moyens et inférieurs de la série du Doui.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur le cycle évolutif des Trématodes appartenant au genre* Brachylœmus *Dujardin* (*syn.* Harmostomum *Braun*). Note de MM. **Ch. Joyeux**, **J.-G. Baer** et **J. Timon-David**, présentée par M. M. Caullery.

Nous avons eu récemment ([1]) l'occasion d'observer le développement d'un Trématode rapporté provisoirement à *Brachylœmus nicolli* (Witenberg), chez le Moineau (*Passer domesticus* L.) et, depuis la publication de notre Note, chez le Merle (*Turdus merula* L.). Ce ver a été obtenu expérimentalement à la suite d'ingestion, par les Oiseaux, de métacercaires hébergées par les Mollusques terrestres : *Helicella* (*Trochoidea*) *scitula* de Christ. et Jan., *Oxyphilus cellarius* (Mül.) et *Agriolimax agrestis* (L.) (déterminations de L. Germain). Nous n'avions pu, à cette époque, suivre le développement des larves dans l'organisme du Mollusque.

Ultérieurement, nous avons pris connaissance d'un travail de Sinitsin ([2]) qui a fait ses observations dans la région de Washington (États-Unis). Cet auteur a remarqué comme nous, et contrairement à Hofman à propos de *Brachylœmus helicis* (Meckel), l'énorme disproportion entre le grand nombre de jeunes cercaires se trouvant dans l'hépato-pancréas, et le peu de métacercaires qu'héberge la glande rénale. Il suggère qu'il pourrait y avoir migration des larves dans le canal hépatique, puis intestinal; ensuite, rentrée de quelques parasites par le canal excréteur et acheminement vers la glande rénale. Il appuie son hypothèse sur diverses raisons biologiques et sur le fait qu'il a vu une cercaire ramper dans la cavité palléale d'un *Gastrodonta ligera*.

Nous nous sommes efforcés de vérifier l'hypothèse de cet auteur par l'examen de coupes sériées de Mollusques parasités et par l'expérimentation. Les premiers stades sont bien ceux que nous avions décrits : naissance des cercaires dans des sporocystes allongés. Arrivées à un certain degré de développement, ces larves quittent l'hépato-pancréas. Sur des coupes faites au moment opportun, on peut les suivre dans les canaux hépatiques et dans la lumière intestinale. Elles laissent des traces de leur séjour

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 464.

([2]) *Zeitsch. f. Parasit.*, III, 4e série, 1931, p. 811.

dans l'hépato-pancréas. Les travées cellulaires de cet organe sont bouleversées et dissociées, la cavité du lobule est dilatée, beaucoup de cellules dégénèrent et leur protoplasme devient granuleux.

Au stade suivant, on trouve les métacercaires dans le rein. En s'adressant à de jeunes larves, arrivées depuis peu dans cet organe, c'est-à-dire possédant encore leur rudiment caudal, et ayant leur tube digestif rempli, on peut arriver parfois à leur faire recommencer la migration qu'elles viennent d'effectuer. En les déposant sur le tégument d'un mollusque maintenu l'ouverture en haut, et en suivant leurs mouvements à la loupe binoculaire, on constate que beaucoup d'entre elles dégénèrent. Cependant, un certain nombre s'introduisent au bout de quelques instants dans un orifice qui est le plus souvent l'anus, et on les retrouve par dissection dans le rectum. Nous avons même vu un Mollusque expulser des matières fécales repoussant les cercaires qui venaient d'entrer. Enfin, quelques-unes s'engagent dans le canal excréteur et arrivent jusqu'à la glande rénale, Celles-là seules pourront continuer leur évolution, après avoir subi une maturation assez longue. Cette migration se fait rapidement. Dans la nature, on peut observer des Mollusques dont l'hépato-pancréas n'est pas encore vidé et qui hébergent déjà des cercaires dans leur glande rénale. On sait que, suivant les espèces, le canal excréteur est plus ou moins long, et affecte des rapports divers avec les organes voisins. Il est possible que sa configuration anatomique et les connexions des orifices anal et excréteur jouent un rôle favorisant ou empêchant la pénétration des cercaires. Contrairement aux observations faites par Sinitsin en Amérique, nous n'avons jamais vu de larves dans les glandes salivaires. Il semble que les Mollusques très parasités soient moins agiles que leurs congénères.

Il y a donc bien migration des cercaires et sortie par le tube digestif, puis rentrée de quelques-unes dans la glande rénale, tandis que le plus grand nombre fait fausse route. Cette évolution s'accomplit généralement chez le même Mollusque. Cependant, vu la durée de l'aptitude à la pénétration, on peut concevoir que, dans la nature, le développement se fasse chez deux individus vivant en promiscuité.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mesure de la pression ventriculaire par la méthode pulsatoire.* Note de M. **Henri-Jean Frossard**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai montré [1] comment on pouvait mesurer certaines données de la circulation sanguine. On peut compléter ces mesures par quelques réflexions simples :

1° Le système artériel est soumis normalement à deux pressions et à deux seulement :

a. La pression quasi instantanée qui est produite par la contraction du ventricule lors de l'ouverture des valvules aortiques. C'est *la pression que je propose d'appeler ventriculaire* (P V);

b. La pression de régime qui s'établit une fois les valvules fermées et qui correspond à la minima ausculatoire (artères cylindriques, effacement du capsulisme, disparition des bruits) (Mn A).

2° Toutes les autres pressions mesurées sont créées soit volontairement par le serrage du brassard ou du doigt pour la recherche du pouls, soit involontairement par un obstacle : embolus, spasme, choc, etc., qui provoque l'arrêt plus ou moins brusque de l'ondée sanguine et produit un coup de bélier plus ou moins violent.

3° Dans la normale, l'intégrité des valvules aortiques étant complète, la pression ventriculaire est très voisine de la pression de régime.

4° En cas d'insuffisance aortique la première est obligée de s'accroître pour maintenir la seconde à un taux compatible avec la vie et c'est alors l'hypertrophie du cœur, ou elle ne peut augmenter par insuffisance du muscle et c'est alors la dyssystolie.

5° Si le capsulisme aortique est assez volumineux, le son produit peut être un infrason inaudible, ce qui explique les insuffisances sans souffle.

Il est donc d'une grande importance de connaître cette pression ventriculaire *in situ* car son écart avec la pression de régime mesure le travail cardiaque.

On peut aisément la déterminer de la façon suivante :

Lorsque la compression du brassard de notre pulsomètre est telle que

---

(1) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1207.

l'aiguille du manomètre ne batte plus, la moindre décompression amène un léger battement. C'est, rappelons-le, la maxima pulsatoire (M X P).

A ce moment il y a équilibre entre la pression dans le brassard et celle existant en amont lors de la systole $\pm \varepsilon$; ε étant la sensibilité de l'appareil ($0^{mm},5$ Hg).

Or la pression en amont du barrage est la somme de l'énergie cinétique de l'onde incidente et de l'énergie potentielle de l'onde réfléchie qui lui est égale aux constantes thermodynamiques près.

L'énergie cinétique correspondant à l'impulsion systolique est donc la moitié de la maxima pulsatoire.

Il suffit donc de déterminer celle-ci pour avoir la pression intraventriculaire, car à ce moment le ventricule, l'aorte et l'artère auscultés ne font qu'un.

Je donnerai deux exemples :

1° *Normal :* Miss G., 35 ans, jamais malade, 44kg; pression ventriculaire $16/2 = 8$.

$$16 \begin{cases} 12 = 4 \\ 6,5 = 9,5 \end{cases}$$

Effort nécessaire pour obtenir la pression de régime 6,5 :

$$8 - 6,5 = 1,5.$$

2° Considérons le cas d'une personne dont la santé décline (Mme R., 73 ans, très alerte). — 26 juin 1931 :

$$18 \begin{cases} 16 = 2 \\ 8 = 10 \end{cases} \qquad PV = \frac{18}{2} = 9, \qquad 9 - 8 = 1.$$

20 octobre 1931 :

$$22 \begin{cases} 20 = 2 \\ 10 = 12 \end{cases} \qquad PV = \frac{22}{2} = 11, \qquad 11 - 10 = 1.$$

Moins bien, constipation, la circulation est encore suffisante.

15 novembre 1932 :

$$30 \begin{cases} 23 = 7 \\ 12 = 18 \end{cases} \qquad PV = \frac{30}{2} = 15, \qquad 15 - 12 = 3.$$

Beaucoup moins bien, malaises, le cœur peine : $3 > 1$.

La pression de régime s'accroît sans cesse : 8, 10, 12.

La pression ventriculaire également : 9, 11, 15.

Le foie étant en cause, le cœur est surmené par le barrage hépatique à franchir et une viscosité sanguine augmentée : 2, 2, 7.

Il faut donc lever ce barrage.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Classification de différents ions en familles chimiques naturelles par leur action vaso-motrice dans la diélectrolyse trans-cérébrale*. Note de MM. **Georges Bourguignon** et **Socrate Eliopoulos**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons montré (¹) que la diélectrolyse (²) trans-cérébrale des ions chlore, iode, calcium et magnésium détermine chez l'homme une variation de l'indice oscillométrique du bras du côté opposé à l'hémisphère traversé, ce qui démontre l'existence de centres vaso-moteurs cérébraux, tandis que celle du potassium est inactive.

Nous avons été amenés à étudier d'autres ions pour voir s'il pouvait y avoir un rapport entre le degré d'activité de l'ion diélectrolysé et sa valence et son poids atomique.

Technique. — Dans nos expériences actuelles, nous avons substitué l'enregistrement des courbes oscillométriques au moyen de l'oscillomètre enregistreur de Boulitte (petit modèle) à la lecture directe de l'oscillation sur l'oscillomètre de Pachon.

Nous avons ainsi étudié les 24 ions suivants :

1° Métalloïdes : *hydrogène*, *chlore*, *brome*, *iode*, *bore*, *carbone*, *sillicium*;
2° Métaux : *lithium*, *sodium*, *potassium*, *calcium*, *strontium*, *magnésium*, *zinc*, *aluminium*, *manganèse*, *fer*, *chrome*, *plomb*, *cuivre*, *argent*, *mercure*, *platine*, *or*.

Pour mesurer l'activité vaso-motrice des ions, nous avons établi le pourcentage de la variation maxima de l'indice oscillométrique au cours de l'expérience, en la rapportant à l'indice initial.

Nos premières expériences ayant établi, par l'étude de quinze sujets différents, que l'action d'un ion déterminé est sensiblement la même sur tous les sujets nous avons dans cette deuxième série comparé l'action des différents ions sur deux sujets, l'un normal et l'autre atteint d'hémiplégie droite. Les résultats relatifs sont d'ailleurs les mêmes dans les deux cas.

(¹) G. Bourguignon, *Soc. de Biologie*, 106, 1931, p. 454. — G. Bourguignon et S. Eliopoulos, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 379; *Soc. de Biologie*, 106, 1931, p. 455, 536 et 540; 107, 1931, p. 1140 et 1142. — S. Eliopoulos, *Thèse Fac. de Médecine de Paris*, 1931.

(²) L'un de nous a proposé de désigner sous le terme diélectrolyse les phénomènes qu'on appelle improprement en médecine ionisation.

Les ions se divisent en deux grandes classes, les ions actifs et les ions inactifs.

Si l'on dresse d'un côté le tableau des ions inactifs et de l'autre celui des ions actifs, on s'aperçoit que les ions appartenant à une même famille chimique sont tous soit actifs, soit inactifs. Ainsi tous les métaux alcalins sont inactifs, tandis que tous les métaux alcalino-terreux sont actifs. D'autre part dans une famille chimique active, l'activité croît avec le poids atomique si tous les corps qui la composent sont de même valence, et avec la valence si les corps qui la composent sont de valences différentes, mais de poids atomiques voisins.

Quant à la pression artérielle, seuls les ions appartenant à la troisième et à la cinquième famille de métaux agissent sur elle en l'augmentant.

Sur l'indice, comme sur la pression artérielle, l'action des ions actifs est toujours un peu plus grande dans l'hémiplégie qu'à l'état normal.

Voici la classification des ions en familles chimiques naturelles par leur activité vaso-motrice dans la diélectrolyse trans-cérébrale :

1° *Familles inactives* (sujet normal et sujet hémiplégique).

A. — *Métaux.*

	Poids atomiques.	Val.	Famille.		Poids atomiques.	Val.	Famille.
Lithium....	7	1	1re	Cuivre.....	63,5	2	7^e
Sodium....	23	1	1re	Argent.....	107	1	7^e
Potassium...	39,14	1	1re	Mercure....	199,8	2	7^e
Plomb.....	206,92	2	6re				

B. — *Métalloïdes.*

	Poids atom.	Val.	Famille.
Bore..............................	10,95	3	3^e
Hydrogène.........................	1	1	6^e

2° *Familles actives.*

A. — *Métaux.*

	Activité (%) Normal.	Hémipl.	Poids atomiques.	Val.	Famille.
Calcium	20	40	40	2	2^e
Strontium	40	45	87,5	2	
Magnésium	20	40	24	2	3^e
Zinc	35	42	66,48	2	
Aluminium	21	30	27,4	3	4^e
Manganèse	20	22	55,2	2	5^e
Fer	22	27	56	3	
Chrome	35	40	51,94	6	
Platine	25	40	194	4	8^e
Or	26	55	196,5	3	

B. — *Métalloïdes.*

	Activité (%) Normal.	Hémipl.	Poids atomiques.	Val.	Famille.
Chlore	10	12	35,5	1	1re
Brome	14	16	79,7	1	
Iode	20	30	127	1	
Carbone	15	30	14	4	5^e
Silicium	30	50	28,35	4	

Conclusion. — 1° Les ions actifs et les ions inactifs le sont à la fois chez le sujet normal et dans l'hémiplégie.

2° Les ions actifs sont tous plus actifs sur l'hémisphère lésé de l'hémiplégique que sur son hémisphère sain ou chez le sujet normal.

3° L'activité ou l'inactivité d'un ion dépend avant tout de la famille chimique à laquelle il appartient.

4° Dans l'intérieur d'une même famille active, l'activité croît avec le poids atomique, sauf dans la famille du fer (5e famille) où, les poids atomiques étant très voisins, elle croît avec la valence.

5° Seules les familles du magnésium (3e) et du fer (5e) augmentent la pression artérielle en même temps que l'indice oscillométrique.

6° Il est remarquable de voir une propriété physiologique classer les corps aussi nettement de la même manière que les propriétés physico-chimiques.

PHONÉTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur la structure des voyelles.* Note de M. **P. Kucharski**, présentée par M. L. Lapicque.

Sir Richard Paget [1] a montré que les voyelles chuchotées étaient essentiellement constituées par une combinaison caractéristique des deux sons, dont l'un, plus grave, serait attribuable à ce qu'il appelle « résonance postérieure », et l'autre, plus aigu, relèverait de la résonance des parties antérieures de la bouche.

Ma recherche a eu pour but de vérifier par un procédé de synthèse, fondé sur l'emploi des circuits oscillants et du haut-parleur, les fréquences vibratoires qui ont été indiquées par Paget comme correspondant aux couples de résonances caractéristiques des voyelles françaises. Le dispositif expérimental employé était à peu près le même que celui dont je m'étais servi pour une recherche analogue effectuée avec H. D. Bouman [2] : deux circuits oscillants sont mis en parallèle, en sorte que l'on puisse recevoir dans un haut-parleur le son composé. Pour étudier l'effet de l'intensité des vibrations composantes, deux boîtes à résistance se trouvent intercalées dans les circuits de plaque des deux lampes oscillatrices, et l'on assure, d'autre part, l'indépendance des deux circuits en ayant recours, pour la combinaison des deux courants alternatifs, à deux triodes supplémentaires. Un interrupteur approprié est intercalé dans le circuit de plaque des lampes oscillatrices et permet de varier la durée de passage du son composé.

Dans ces conditions, j'ai trouvé que les couples des fréquences caractéristiques, déterminées par Paget, reproduisent d'une manière satisfaisante les voyelles françaises. J'ai pu préciser cependant que les fréquences vibratoires constitutives forment un intervalle défini et se placent dans la série harmonique. Il semble que les voyelles puissent être classées suivant que l'intervalle entre les notes résonantielles donne lieu ou non à l'apparition d'un son différentiel qui se confond avec le fondamental de la série harmonique et qui paraît indispensable pour la production de l'effet vocal. Mais, d'autre part, une qualité vocale donnée ne dépend pas seulement de l'intervalle entre les fréquences résonantielles mais aussi du rapport des intensités de ces sons, dont l'influence est décisive et qui varie d'une façon définie en fonction de la durée de la voyelle.

(1) Sir Richard Paget, *Human Speech*, 1930, London (éd. Kegan Paul).
(2) *Arch. Néerl. de Phonétique Expérimentale*, 4, 1929, p. 90-112.

J'ai cherché, enfin, à réaliser des voyelles synthétiques à des niveaux différents de l'échelle tonale, en partant de l'intervalle caractéristique déterminé pour chacune des voyelles. Ces expériences ont montré que toutes les voyelles peuvent être transposées sur la base de la constance de l'intervalle « formant ». Toutefois, le rapport d'intensités change suivant la région tonale. Cette transposition ne saurait être confondue avec celle qui a lieu dans le chant où, pour des notes laryngiennes différentes, les sons caractéristiques des voyelles restent à peu près les mêmes.

Le tableau suivant présente les intervalles caractéristiques, les fréquences composantes normales (en vibrations doubles) qui coïncident avec les zones de résonances laryngo-buccales déterminées par Paget, enfin les limites des fréquences pour lesquelles la synthèse a pu être réalisée [1]. Les rapports des intensités physiologiques seront publiés dans un Mémoire.

Voyelle.	Intervalle caractéristique.	Fréquences normales.	Limite inférieure.	Limite supérieure.
a (papa)........	Septième diminuée	1060–1855	460– 805	1680–2940
ô (tôt)..........	Quinte	500– 750	460– 690	2052–3075
o (note)..........	Octave	632–1264	326– 652	1690–3380
ou (tout).........	Octave [2]	340– 680	326– 652	1690–3380
e (deux).........	Tierce majeure à distance de 2 octaves	430–2150	230–1150	960–4800
e (le)...........	Seconde à distance de 2 octaves.	452–2034	264–1188	860–3878
é (thé)..........	Septième diminuée à distance de 2 octaves	478–3346	264–1848	– –
u (tu)...........	3 octaves	304–2432	204–1632	460–3680
è (père).........	Sixte majeure à distance de 2 octaves	645–2150	460–1532	1256–4186

Il en résulterait que la qualité vocale n'est pas liée à des hauteurs tonales absolues. Le timbre des voyelles serait fondé, comme le timbre d'instruments, sur le rapport des intensités des sons partiels ayant dans la série harmonique des positions relatives définies. Ce qui caractérise une voyelle

(1) Toutes ces voyelles synthétiques ont été vérifiées par M. Fouché, qui a bien voulu apprécier la qualité des timbres vocaliques ainsi réalisés. C'est grâce à la rigueur de son appréciation que j'ai pu mener cette recherche à bonne fin.

(2) Suivant le rapport des intensités on obtient la voyelle o ou bien la voyelle ou, ceci à tous les niveaux de l'échelle tonale dans les limites réalisables avec le dispositif employé.

c'est donc l'intervalle que forment les deux fréquences correspondant dans le langage naturel aux deux résonances laryngo-buccales. La diversité de ces intervalles-formants jointe à une certaine variabilité du rapport d'intensités des sons composants offre une base physique suffisante pour expliquer toute la richesse des nuances vocaliques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle hormone sexuelle cristallisée.* Note de MM. **A. Girard, G. Sandulesco, A. Fridenson** et **J.-J. Rutgers**, présentée par M. Fosse.

Dans deux précédentes Communications ([1]) consacrées à l'étude des hormones sexuelles retirées de l'urine des juments gravides, nous avons décrit à côté de la folliculine $C^{18}H^{22}O^2$, reconnue formellement identique avec l'hormone de la femme, deux nouvelles hormones, de formule $C^{18}H^{20}O^2$, l'équiline ($[\alpha]_D = +308°$), l'hippuline ($[\alpha]_D = +128°$), cette dernière obtenue malheureusement en quantité trop faible pour pouvoir être complètement étudiée.

Diverses observations nous ayant fait entrevoir à côté de ces trois substances, l'existence d'une cétone phénolique à pouvoir rotatoire faible, nous avons cherché à l'isoler en utilisant une méthode inspirée des travaux de Vavon ([2]) sur le partage des phénols entre les solvants organiques et les solutions aqueuses alcalines. Il est juste de dire qu'une technique assez semblable avait déjà été employée par Doisy, pour la séparation de la folliculine de son hydrate.

La différence dans les degrés d'acidité des différentes hormones nous a permis d'isoler à l'état pur une nouvelle oxycétone œstrogène dont toutes les propriétés rendent évidente la parenté avec la folliculine. La nouvelle hormone moins hydrogénée que l'équiline a reçu le nom *d'équilénine*.

L'équilénine étant nettement plus acide que les autres hormones oxycétoniques, présentes dans l'urine de jument, a été obtenue par le jeu alterné d'extractions fractionnées aux alcalis dilués et de cristallisations dans l'alcool.

A partir des eaux mères de cristallisation des hormones totales, provenant

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 909; **194**, 1932, p. 1020.
([2]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 346.

de 52 tonnes d'urine, il fut possible par une série extrêmement longue de fractionnements et de cristallisations, d'isoler $1^g,50$ de la nouvelle hormone à l'état de complète pureté, présentant le pouvoir rotatoire fixe : $(\alpha)_D^{16} = +87°$ (en solution dans le dioxane à 1 pour 100).

Propriétés physiques et chimiques. — L'équilénine cristallise de l'alcool d'une manière très caractéristique, formant des buissons arrondis de très fines aiguilles.

Elle fond à 258°-259° (corr.) en tube capillaire par immersion instantanée, en se colorant.

Chauffée lentement au contact de l'air elle se transforme complètement vers 245° en une matière colorante rouge violacée. Le « rouge d'équilénine » paraît amorphe, il n'est pas sublimable et se dissout dans les alcalis en donnant une solution d'un beau vert bleu.

Dans le vide profond l'équilénine se sublime dans les mêmes limites de température que la folliculine sans subir de racémisation.

La nouvelle hormone est sensiblement plus soluble que la folliculine dans les divers solvants; l'alcool absolu en dissout $6^g,3$ par litre à 18° et 25^g à l'ébullition.

Analyse. — Trouvé : C pour 100, 81,42; 81,23; 81,18; H pour 100, 6,93; 7,05; 6,82.

Calculé pour $C^{18}H^{18}O^2$: C pour 100, 81,16; H pour 100, 6,82.

L'équilénine donne un dérivé benzoylé : Aiguilles (alcool) F. 222-223° (corr.) en tube capillaire par immersion instantanée.

L'acétate F : 156-157° (mercure).

L'oxime cristallise dans l'alcool dilué en aiguilles prismatiques microscopiques F. 249-250° (corr.).

Soumise à la bromuration suivant la méthode de Rosenmund, elle réagit plus lentement que la folliculine et la bromuration s'arrête après l'obtention d'un dérivé monobromé ([1]) qui, recristallisé dans le propanol se présente en belles aiguilles F. 225-227° (corr.) (capillaire) avec dégagement gazeux et décomposition.

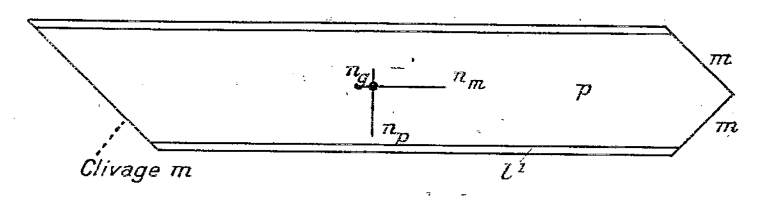
([1]) On sait depuis les travaux récents de Marrian (*Lancet*, **223**, 1932, p. 282), que la folliculine ne donne pas, comme on l'avait cru, un dérivé d'addition dibromé, mais un dérivé de substitution monobromé. Il est également probable que le produit de bromuration de l'équiline, que nous n'avons pas isolé, ni analysé, doit répondre à la formule $C^{18}H^{19}O^2Br^3$, dont nous nous proposons de reprendre l'étude.

Analyse. — Trouvé : Br pour 100, 21,58, 21,78; C pour 100, 62,82; H pour 100, 4,92.

Calculé pour $C^{18}H^{17}O^{2}Br$: Br pour 100, 23,16; C pour 100, 62,55; H pour 100, 4,96.

Étude cristallographique (M. Gaudefroy) : Par évaporation spontanée d'une solution dans l'alcool méthylique, on obtient des aiguilles souvent groupées en oursins.

Les cristaux, du système orthorhombique, ont la forme de tables, *p*, hexagonales, très allongées suivant un axe de symétrie OX; les deux



petits côtés, traces des faces *m*, font entre eux un angle de 90-91°. On peut distinguer au microscope, sur les longues arêtes, un biseau e^1. Clivage *m*, peu marqué.

Optiquement négatif; l'angle des axes est assez grand; le plan des axes est perpendiculaire à l'allongement; la vibration n_g est dirigée suivant OZ et n_m suivant OX.

$n_m = 1,718 \pm 0,003$; n_p voisin de 1,51.

Vu l'angle des axes, la biréfringence $n_g - n_p$ est notablement supérieure à 0,2, c'est-à-dire exceptionnellement forte.

Les données analytiques ci-dessus conduisent à assigner à l'équilénine la formule $C^{18}H^{18}O^{2}$ que nous tenons pour certaine. Si l'on admet que la nouvelle hormone possède la même structure tétracyclique (Butenandt) que la folliculine, ce que la similitude des deux substances rend très vraisemblable, on est conduit à envisager dans l'équilénine l'existence d'un noyau naphtalénique, seule hypothèse conciliable avec la non-additivité vis-à-vis du brome, et que nous nous proposons de vérifier par l'étude des produits d'hydrogénation.

Au point de vue physiologique l'équilénine se montre considérablement moins active que la folliculine à l'égard du test d'Allen-Doisy : en première approximation son pouvoir œstrogène serait de 12 à 20 fois moindre.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Astronomie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Bigourdan* :

En première ligne............ M. **Aymar de La Baume Pluvinel.**

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique................ MM. **Jules Baillaud, Émile Belot, Gaston Fayet, Charles Nordmann, Pierre Salet.**

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 14 novembre 1932.)

Note de M. *P. Rouard*, Sur le pouvoir réflecteur des métaux en lames très minces :

Page 870, tableau, *au lieu de* 0,56, *lire* 0,06 pour une épaisseur de métal de $2^{m\mu},7$ et pour la longueur d'onde 5461^{A}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CLIMATOLOGIE. — *Étude sur la radiation calorifique globale au Groenland.* Note de MM. **Ch. Maurain** et **J. Devaux.**

Les mesures ont été faites, du 28 juillet au 17 août 1932, au mouillage au Scoresby-Sund, sur la côte orientale du Groenland, par 70°, 5 de lat. N, sur le *Pourquoi-Pas?*, pendant le séjour en ce point du navire, au cours de la croisière dirigée par M. J.-B. Charcot. L'appareil employé est un solarigraphe du type Gorczynski, à pile thermo-électrique de Moll et millivoltmètre enregistreur Richard. Dans un autre recueil seront examinés quelques détails de ces mesures, en particulier relativement à la fixation du zéro.

L'énergie calorifique étudiée est celle qui se manifeste sur une surface horizontale; elle comprend la radiation solaire directe et la radiation de l'atmosphère. Pendant la nuit, dont la durée était assez courte au moment de nos mesures, l'enregistreur donne une ligne qui est, en gros, droite et parallèle à l'axe des temps. Le couvercle hémisphérique de verre qui protège la surface réceptrice contre les mouvements de l'air absorbe presque complètement les radiations de grande longueur d'onde émises pendant la nuit par cette surface, c'est-à-dire que la radiation terrestre nocturne intervient très peu. Inversement, le verre absorbe aussi ces radiations dans le rayonnement incident.

L'appareil a été étalonné à l'Observatoire du Parc Saint-Maur par C.-E. Brazier, par comparaison avec un pyrhéliomètre à disque d'argent.

Comme M. Brazier l'a fait remarquer (¹), le coefficient d'étalonnage d'un solarigraphe à couvercle de verre dépend de l'incidence des rayons solaires. Nous avons pris ici comme coefficient la moyenne de ceux obtenus par M. Brazier dans 18 mesures, faites sous des incidences ayant varié depuis la normale (90°) jusqu'à 10°. La quantité de chaleur par centimètre carré de surface horizontale et par minute est donnée par la déviation en millimètres multipliée par 0,0171 (dans l'échelle dite de la Smithsonian Institution).

Les observations retenues ont porté sur 17 journées. Elles ont commencé par cinq belles journées consécutives, les 28, 29, 30, 31 juillet et 1er août, et ont porté ensuite sur 12 journées échelonnées entre le 2 et 17 août.

Nous donnerons d'abord les résultats se rapportant à l'ensemble des cinq belles journées consécutives, comme indication de ce qu'est la radiation solaire en été dans cette région par beau temps. On doit d'ailleurs ajouter que les deux journées qui ont précédé ce groupe, les 26 et 27 juillet, ont été encore plus belles, et auraient sans doute donné des valeurs plus fortes; mais les mesures n'ont été commencées que le 28.

Voici les caractéristiques de ces cinq journées :

28 juillet : Beau temps, le soleil donne presque constamment, mais il y a des cirrus.

29 et 30 juillet : Beau temps, quelques cirrus et autres nuages.

31 juillet et 1er août : Très beau temps. Pas de nuages. Banc de brume au loin sur la mer.

Les moyennes des valeurs horaires des quantités de chaleur par centimètre carré et par minute pour ces cinq journées sont :

4h.	5h.	6h.	7h.	8h.	9h.	10h.	11h.	12h.
0,116	0,147	0,308	0,458	0,545	0,639	0,742	0,725	0,817

13h.	14h.	15h.	16h.	17h.	18h.	19h.	20h.
0,612	0,612	0,462	0,304	0,291	0,229	0,147	0,088

Les quantités de chaleur totales par centimètre carré pour chaque jour sont :

28 juillet	412	31 juillet	454
29 juillet	409	1er août	500
30 juillet	390	Moy. des 5 journées	433

(¹) C.-E. Brazier. *Ann. de l'Institut de Physique du Globe*, 7, 1929, p. 164.

Les quantités de chaleur totales par centimètre carré pour chacune des autres journées pendant lesquelles ont été faites des mesures sont :

Août :	2.	4.	5.	6.	7.	8.	10.	11.	12.	13.	14.	17.
	305	277	328	155	281	067	292	065	275	192	193	271

et la moyenne générale pour les 17 journées est 287^{cal}.

En résumé, la quantité de chaleur reçue par centimètre carré sur la côte orientale du Groenland, à 70°,5 de latitude, à la fin du mois de juillet est, par une belle journée, environ 430^{cal}, et la valeur moyenne pour une période du 28 juillet au 17 août qui a été dans l'ensemble une période d'assez beau temps, environ 290^{cal}.

Rappelons, à titre de comparaison, quelques valeurs résultant de mesures faites à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, près Paris, par C.-E. Brazier. Les moyennes mensuelles pour les trois années 1928-1929-1930 ont été :

	cal		cal
Janvier	79	Juillet	487
Février	166	Août	434
Mars	274	Septembre	324
Avril	374	Octobre	187
Mai	455	Novembre	94
Juin	496	Décembre	68

et la moyenne pour toute l'année 286^{cal}.

La radiation solaire en été dans les régions polaires est, comme on voit, relativement considérable.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement irrotationnel d'un liquide limité par des parois mobiles indéformables.* Note de M. ÉMILE COTTON.

On peut opposer à l'emploi des équations de Lagrange dans ce problème l'objection de non-holonomie ; je vais l'étudier ici, montrer que les équations d'Appell peuvent rendre les mêmes services que les premières sans faire naître le même doute, et terminer par une remarque plus élémentaire.

1. Considérons un liquide parfait remplissant entièrement un volume V tout entier à distance finie ; V est limité par des parois solides mais mobiles ; toute ligne fermée tracée dans V est supposée réductible à un point par déformation continue. Admettons que le mouvement du liquide soit irrotationnel ; il est alors déterminé par celui des parois. Il existe pour le mouvement du liquide rapporté à trois axes fixes Ox, Oy, Oz un potentiel de

vitesses uniforme $\varphi = \Sigma q'_i \varphi_i(x, y, z, q_1, \ldots, q_n)$; $q_1, q_2, \ldots, q_n$ sont les paramètres de position des parois, $q' = dq/dt$; les potentiels élémentaires φ_i sont les solutions de certains problèmes de Neumann.

Considérées comme fonctions du temps t, les coordonnées des molécules du liquide vérifient un certain système S d'équations différentielles, auquel correspond, par multiplication par dt, le système d'équations linéaires aux différentielles totales

$$(1) \qquad dx = \Sigma u_i dq_i, \qquad dy = \Sigma v_i dq_i, \qquad dz = \Sigma w_i dq_i;$$

u_i, v_i, w_i sont les dérivées de φ_i par rapport à x, y, z. Ces équations (1) définissent les déplacements infiniment petits, réels ou virtuels, compatibles avec les conditions énoncées.

Chercher si le liquide constitue un système matériel holonome, c'est-à-dire si les équations (1) peuvent, pour toutes les molécules et pour toutes les valeurs des paramètres, être remplacées par des relations finies, *c'est se demander si* (1) *est complètement intégrable*.

Il peut arriver qu'il en soit ainsi; tel est le cas d'un liquide remplissant un cylindre droit, dont les bases, de forme quelconque, restent parallèles à un plan fixe.

Mais l'*holonomie ne constitue pas le cas général*. M. Lamb (*Hydrodynamics*, 4[e] édition, p. 179) a donné à ce propos une intéressante indication; on peut étudier plus complètement un exemple où elle n'a pas lieu, celui du liquide intérieur à un ellipsoïde à axes inégaux se déplaçant d'une façon quelconque; le potentiel φ est alors entièrement connu. Les calculs justifiant ces résultats seront donnés ailleurs; ils sont simplifiés par l'emploi d'axes PXYZ liés à l'enveloppe mobile et par des groupements de termes mettant en évidence les six expressions de Pfaff produits par dt des coordonnées pluckériennes, relatives à ces axes, du torseur des rotations instantanées pour un petit déplacement de la paroi cylindrique ou ellipsoïdale.

2. Passons au problème dynamique, celui de la recherche des relations entre le mouvement du liquide et les forces extérieures : forces de profondeur appartenant à un champ conservatif, poussées exercées par les parois sur le liquide. La pression intérieure est regardée comme une fonction inconnue; les conditions initiales sont supposées telles que le mouvement soit irrotationnel. Lord Kelvin et Tait ont posé ce problème en 1867, dans la première édition de leur *Traité de Philosophie naturelle*, et lui ont appliqué les équations de Lagrange. Il ne me semble pas qu'on ait donné jusqu'à maintenant une réponse satisfaisante à l'objection que des travaux

plus récents ont appris à faire, celle de la non-holonomie du système constitué par le liquide.

Il est alors indiqué de faire usage de la *forme générale des équations de la mécanique donnée par Appell.* L'énergie d'accélération du liquide est

$$2S = \int_V \rho(j_x^2 + j_y^2 + j_z^2)\,d\tau;$$

ρ désigne la densité du liquide, j_x, j_y, j_z les composantes de l'accélération.

Les premiers membres des équations d'Appell,

$$A_i = \frac{\partial S}{\partial q_i''} = \int_V \rho(u_i j_x + v_i j_y + w_i j_z)\,d\tau,$$

sont des polynomes en q_i', q_i'' dont les coefficients, fonctions des seules variables q, se déterminent en partant des potentiels élémentaires φ_i, par des dérivations et des intégrations. Quant aux seconds membres, ils sont identiques à ceux des équations correspondantes de Lagrange; la pression intérieure est donc bien éliminée.

Considérons les différences $\Delta_i = L_i - A_i$ entre les premiers membres L des équations de Lagrange et ceux des équations correspondantes d'Appell : ce sont les termes d'anholonomie de M. Volterra ou les termes correctifs d'Appell. On trouve

$$\Delta_i = \sum_{hk} B_{hki} q_h' q_k',$$

en posant

$$B_{hki} = \int_V \rho[u_h(X_i u_k - X_k u_i) + v_h(X_i v_k - X_k v_i) + w_h(X_i w_k - X_k w_i)]\,d\tau,$$
$$X_i f = \frac{\partial f}{\partial q_i} + u_i \frac{\partial f}{\partial x} + v_i \frac{\partial f}{\partial y} + w_i \frac{\partial f}{\partial z}.$$

Signalons, en passant, le caractère intéressant d'invariance, vis-à-vis des changements de paramètres q, des expressions $\Sigma_i A_i \dot{q}_i$, $\Sigma \Delta_i \dot{q}_i$, les $\dot{q}$ désignant des vitesses virtuelles des paramètres q.

Les différences Δ_i s'annulent bien lorsque (1) est complètement intégrable, *mais cette condition suffisante n'est pas nécessaire.* On le voit bien sur l'exemple du liquide contenu dans une seule enveloppe solide : nous avons dit que (1) peut alors n'être pas complètement intégrable, les équations de Lagrange sont néanmoins valables. En effet, les équations du mouvement, dont la forme peut dans ce cas être trouvée sans calcul effectif des potentiels élémentaires, par application des théorèmes des quantités de

mouvement projetées et des moments cinétiques, sont identifiables (LAMB, *Hydrodynamics*, p. 171) avec celles du mouvement d'un solide fictif invariablement lié à l'enveloppe, mouvement auquel les équations de Lagrange sont bien applicables. A ce raisonnement on peut substituer un calcul qui s'applique également au problème de Kirchhoff (celui du mouvement d'un liquide extérieur à une enveloppe solide mais en repos à l'infini).

Pour rechercher s'il existe des cas où les équations de Lagrange ne peuvent pas être utilisées, il faudrait donc considérer plusieurs parois solides; on se heurte malheureusement aux difficultés de la résolution effective du problème de Neumann si l'on veut aborder la question par l'étude d'exemples particuliers.

3. Nous avons rencontré un cas de système non holonome où toutes les équations de Lagrange sont cependant valables; un autre, plus élémentaire, est donné par le mouvement d'une bille de billard qui roule sans glisser et sans pivoter sur un plan : Si l'on prend comme paramètres les deux coordonnées variables de son centre (les axes étant choisis comme dans le problème classique), la non-holonomie n'apparaît pas dans les équations du second ordre qui les déterminent, tout en persistant dans les équations du premier ordre qui donnent les mouvements individuels des molécules de la bille.

M. **MESNIL** fait hommage à l'Académie du livre que M. CLIFFORD DOBELL F. R. S. vient de publier à Londres sous le titre : *Antony van Leeuwenhoek and his « little Animals »* (¹). L'illustre observateur hollandais, dont le troisième centenaire de la naissance tombe cette année, figure sur la liste, récemment publiée, des Correspondants de l'ancienne Académie des Sciences (²). Ses découvertes géniales ont été communiquées à la Société royale de Londres dans une série célèbre de lettres. M. Clifford Dobell a revu par le menu, traduit à nouveau d'un Hollandais souvent presque indéchiffrable, tout ce qui, dans l'œuvre de Leeuwenhoek, se rapporte aux « animalcules » (nous dirions maintenant protistes ou microbes), et c'est cette partie capitale des découvertes de Leeuwenhoek qui constitue le corps du livre que M. Dobell a composé *in piam memoriam Leeuwenhoekii*

(¹) 1 vol. in-8 de 436 pages et 32 planches hors texte. Londres, John Bale, Sons a. Daniellsson, Ltd.

(²) Si l'on se reporte aux registres manuscrits conservés dans nos Archives, on y lit qu'à la séance du 4 mars 1699, l'abbé Bignon, président de l'Académie, s'est exprimé ainsi : « Comme il est avantageux à l'Académie d'avoir plusieurs correspondants, soit dans les Provinces, soit dans les pays Étrangers, à fin qu'elle puisse estre promptement

et qu'il prie l'Académie des Sciences d'accepter dans le même esprit.

Tous les commentaires dont notre collègue anglais accompagne sa publication, la biographie qu'il donne de son héros, son appréciation sur les microscopes et les méthodes microscopiques et d'autre part sur la place de Leeuwenhoek en Protozoologie et en Bactériologie, sont des merveilles d'érudition et de critique. Il se demande par exemple comment Leeuwenhoek, avec de simples loupes (car il n'a jamais eu de microscope proprement dit et il a toujours gardé le secret de ses méthodes d'observations), a pu voir tout ce qu'il a vu, et il émet la supposition que c'est en recourant à l'éclairage oblique : Leeuwenhoek ne dit-il pas qu'il a pu voir les globules du sang aussi nettement qu'on peut distinguer à l'œil nu des grains de sable sur une pièce de soie noire?

Si M. Dobell ne pense pas qu'on puisse attribuer à Leeuwenhoek l'invention du microscope, il retient comme son grand titre de gloire d'être le « père » de la Protozoologie et de la Bactériologie. C'est le plus grand des précurseurs de notre grand Pasteur!

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *G. Bigourdan* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

M. Aymar de La Baume Pluvinel	obtient........	42	suffrages
M. Émile Belot	»	4	»
M. Gaston Fayet	»	4	»
M. Pierre Salet	»	2	»
M. Jean Mascart	»	1	»

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Aymar de La Baume Pluvinel**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

et fidellement instruite des nouvelles qui auront rapport aux sciences, M. le Président a prié tous M[rs] les Académiciens de nommer les savants avec qui ils entretiennent commerce. » A cette même séance, M. Burlet a *nommé* « M. Lewenhoek, fort connu par les découvertes qu'il a faites par l'usage du Microscope ».

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Mascart** fait don à l'Académie pour ses Archives de manuscrits provenant de l'Astronome *Jean Chacornac*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale un cahier dactylographié :

Charles Corps. *Quelques réflexions sur le temps et l'espace à propos des théories relativites*. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note (¹) de M. **N. Botea**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons l'équation de M. P. Humbert (²)

$$\Delta_3 U = \frac{\partial^3 U}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} - 3\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z} = 0.$$

Observons que cette équation peut s'écrire d'une manière symbolique

$$\Delta_3 U = \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial x} \end{vmatrix} U = 0,$$

et considérons l'équation générale (³)

$$\Delta_n U = \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_n} \\ \frac{\partial}{\partial x_n} & \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial x_4} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} \end{vmatrix} U = 0.$$

(¹) Séance du 14 novembre 1932.

(²) *Journal de Math. pures et appliquées*, 8, 1929, p. 145.

(³) N. Botea, *Mathematica*, 6, 1932, p. 132-139.

Nous voulons généraliser, pour l'équation $\Delta_n U = 0$, quelques résultats obtenus d'autre part par MM. Jacques Devisme (¹) et D.-V. Jonesco (²) pour l'équation $\Delta_3 U = 0$ et par moi-même (³) pour l'équation $\Delta_n U = 0$.

Utilisons les notations

$$p = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ x_n & x_1 & \dots & x_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_2 & x_3 & \dots & x_1 \end{vmatrix}; \qquad ds^n = \begin{vmatrix} dx_1 & dx_2 & \dots & dx_n \\ dx_n & dx_1 & \dots & dx_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ dx_2 & dx_3 & \dots & dx_1 \end{vmatrix}.$$

Considérons les fonctions

$$X_1 = X_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \qquad X_2 = X_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \qquad \dots \qquad X_n = X_n(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

solutions de l'un des systèmes

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} \dfrac{\partial X_1}{\partial x_1} = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_2} = \dots = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_n}, \\ \dfrac{\partial X_1}{\partial x_2} = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_3} = \dots = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_1}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\ \dfrac{\partial X_1}{\partial x_n} = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_1} = \dots = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_{n-1}}; \end{cases}$$

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} \dfrac{\partial X_1}{\partial x_1} = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_2} = \dots = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_n}, \\ \dfrac{\partial X_1}{\partial x_2} = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_3} = \dots = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_1}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\ \dfrac{\partial X_1}{\partial x_n} = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_1} = \dots = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_{n-1}}. \end{cases}$$

Appelons les fonctions $X_1, X_2, \dots, X_n$ fonctions conjuguées. On a

$$dS^n = \begin{vmatrix} dX_1 & dX_2 & \dots & dX_n \\ dX_n & dX_1 & \dots & dX_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ dX_2 & dX_3 & \dots & dX_1 \end{vmatrix} = \lambda(x_1, x_2, \dots, x_n)\, ds^n,$$

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1154, et 194, 1932, p. 1550.

(²) *Société mathématique de France*, 58, 1930, p. 224.

(³) N. Botea, *loc. cit.*

avec

$$\lambda(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \begin{vmatrix} \frac{\partial X_i}{\partial x_1} & \frac{\partial X_i}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial X_i}{\partial x_n} \\ \frac{\partial X_i}{\partial x_n} & \frac{\partial X_i}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial X_i}{\partial x_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial X_i}{\partial x_2} & \frac{\partial X_i}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial X_i}{\partial x_1} \end{vmatrix}.$$

On trouve d'autre part que

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial X_1} & \frac{\partial}{\partial X_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial X_n} \\ \frac{\partial}{\partial X_n} & \frac{\partial}{\partial X_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial X_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial}{\partial X_2} & \frac{\partial}{\partial X_3} & \cdots & \frac{\partial}{\partial X_1} \end{vmatrix} U = \frac{1}{\lambda(x_1, x_2, \ldots, x_n)} \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_n} \\ \frac{\partial}{\partial x_n} & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} \end{vmatrix} U.$$

On déduit facilement de tout cela que :

a. Les fonctions $X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ sont des intégrales de l'équation $\Delta_n U = 0$.

b. Les fonctions

$$U(x_1, x_2, \ldots, x_n) \quad \text{et} \quad V(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_1, X_2, \ldots, X_n)$$

sont en même temps intégrales de l'équation $\Delta_n U = 0$.

c. La fonction $\log \lambda(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ est une intégrale de l'équation $\Delta_n U = 0$.

d. *Si l'on considère deux groupes de fonctions conjuguées de la même classe* (I *ou* II) :

$$X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n), \quad U_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (1 \leqq i \leqq n),$$

les fonctions

$$V_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U_i(X_1, X_2, \ldots, X_n) \qquad (1 \leqq i \leqq n)$$

sont aussi conjuguées.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la transformation de* $(p+q)^{\text{ième}}$ *espèce pour les domaines d'existence.* Note de M. C. **Desaint**, présentée par M. J. Hadamard.

Soit la fonction

$$F(x) = \Sigma A(n) x^n.$$

où $A(n)$ est obtenue en faisant une opération assez générale sur les coefficients tayloriens de deux fonctions analytiques données

$$f_1(x)=\Sigma a(n)x^n \qquad |x|\leqq r_1(>1),$$
$$f_2(x)=\Sigma b(n)x^n \qquad |x|\leqq r_2(>1).$$

En reprenant la démonstration par intégrales multiples (*Journal de Mathématiques*, 8, 1902, p. 433) d'ordre augmentant indéfiniment, on voit que si

$$A(n)=\psi(a_n, a_{n-1}, \ldots, a_{n-p+1}, b_n, b_{n-1}, \ldots, b_{n-q+1}),$$

chaque fois que p et q sont fixes, la fonction $\psi(z_1 z_2 \ldots z_p, z'_1 z'_2 \ldots z'_q)$, de $p+q$ variables étant naturellement supposée régulière à l'origine dans l'ensemble de ses $p+q$ variables, la répartition des points singuliers de $F(x)$ est donnée, comme dans le théorème de composition de M. Hadamard, par le produit de toutes façons possibles des points singuliers de $f_1(x)$ et de $f_2(x)$.

Pour mettre en défaut le théorème de composition, il ne peut donc que se présenter deux cas :

1° La fonction ψ de $p+q$ variables n'est pas régulière à l'origine (ni même polaire) dans l'ensemble des $p+q$ variables.

Sinon on pourra introduire n lui-même de façon assez compliquée à côté des coefficients $a(j)$ et $b(j')$ (supposés encore en nombre limité) dans l'expression de $A(n)$. Cette hypothèse semble peu intéressante. En troisième hypothèse (c'est le sujet de cette Note), p et q pourront augmenter indéfiniment avec n figurant lui-même dans $A(n)$ de façon simple ou *parfaitement explicite*.

Cette nouvelle alternative se présente dans le problème de transformation de premiers espèce traité en partie déjà (*Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1423) et dans un nouveau problème que nous posons ici.

Nous considérerons

$$F(x)=\Sigma A(n)x^n=-\frac{1}{4\pi^2}\int_C\int_{C'}\frac{H(z,z')f_1(z)f_2(z')\,dz\,dz'}{\varphi(z,z')-x},$$

les contours C, C′ étant aussi voisins que l'on veut des points singuliers respectifs de $f_1(x)$ et de $f_2(x)$; les fonctions $H(z, z')$ et $\varphi(z, z')$ seront holomorphes, $\varphi(z, z')$ ne s'y annulant pas sous les conditions

$$|z|\geqq r_1-\varepsilon_1, \qquad |z'|\geqq r_2-\varepsilon_2 \qquad (\varepsilon_1>0,\ \varepsilon_2>0).$$

On remarquera la structure de

$$A(n)=\sum_{m=1}^{m=+\infty}\left[\sum_{\substack{k=m\\ k'=m-k}}\beta(k,k',n)\,a(k-1)\,b(k'-1)\right];$$

les $\beta(k, k', n)$ sont ici *linéaires* suivant les coefficients variables avec n du développement de

$$\frac{1}{\varphi^{n+1}(z, z')}=\sum_{k,k}^{\infty}\frac{\alpha(k, k', n)}{x^k z'^{k'}};$$

les points singuliers de $F(x)$ se trouvent dans ces conditions parmi l'ensemble des points

$$\varphi(z_1, z'_1),$$

z_1 étant un point singulier de $f_1(x)$ et z'_1 un point singulier de $f_2(x)$.

La structure de $A(n)$ pose le problème suivant :

« Étant donné

$$F(x)=\Sigma A(n)\,x^n,$$

peut-on expliciter aisément les coefficients $\gamma(n)$ de sorte qu'en posant

$$A(n)=\sum_{k_1, k_2, \ldots, k', \ldots}\gamma(k_1, \ldots, k_p; k'_1, \ldots, k'_q n)$$
$$\times\, a(k_1-1), \ldots, a(k_p-1)\times b(k'_1-1), \ldots, b(k'_n-1).$$

on puisse situer clairement les points singuliers de $F(x)$? »

Nous y arriverons en créant l'idée de transformation de $(p+q)^{\text{ième}}$ espèce.

« Si

$$F(x)=\sum A(n)x_n=\frac{1}{(2\pi i)^{p+q}}\underbrace{\int_C\cdots\int_C}_{p}\underbrace{\int_{C'}\cdots\int_{C'}}_{q}H(z_1, z_2, \ldots, z_p, z'_1, \ldots, z'_q)$$
$$\times\frac{f_1(z_1)f_2(z_2)\ldots f_1(z_p)f_2(z'_1)\ldots f_2(z'_q)}{\varphi(z_1, \ldots, z_p, z'_1, \ldots, z'_q)-x},$$

l'intégrale multiple étant d'ordre $(p+q)$ et les contours C et C′ ayant déjà été définis, on a

$$A(n)=\sum_{m=0}^{m=+\infty}\left[\sum_{k_1=m}^{+\infty}\beta(k_1, k_2, \ldots, k_p, k'_1, \ldots, k'_q, m)\right.$$
$$\left.\times\, a(k_1-1)\ldots a(k_p-1)\,b(k'_1-1)\ldots b(k'_q-1)\right]$$
$$(k_1+k_2\ldots k'_1\ldots k'_q=m),$$

où les coefficients β sont des fonctions linéaires appropriées des coefficients de

$$\frac{1}{\varphi^{n+1}(z_1, \ldots, z_p, z'_1, \ldots, z'_q)} = \sum_{k_1+\ldots}^{+\infty} \frac{\alpha(k_1, \ldots, k_p, k'_1, \ldots, k'_q, n)}{z_1^{k_1} \ldots z_p^{k_p} z_1'^{k'_1} \ldots z_q'^{k'_q}},$$

développement supposé valable pour

$$|z_1| \geqq r_1 - \varepsilon_1, \quad \ldots, \quad |z_p| \geqq r_1 - \varepsilon_1, \quad |z'_1| \geqq r_2 - \varepsilon_2, \quad \ldots, \quad |z'_q| \geqq r_2 - \varepsilon_2.$$

La répartition des points singuliers est donnée par

$$\varphi(z_1, \ldots, z_p, z'_1, \ldots, z'_q),$$

les points $z_1, \ldots, z_p$ étant les points singuliers de $f_1(x)$ et $z'_1, \ldots, z'_q$ étant ceux de $f_2(x)$. »

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété des dérivées d'une fonction à partie réelle positive.* Note (¹) de MM. **Julius Wolff** et **Bastian Grootenboer**, présentée par M. Émile Borel.

Nous démontrerons le théorème suivant : *Si $f(z) = u(z) + iv(z)$ est une fonction holomorphe de $z = x + iy$ et à partie réelle $u(x)$ positive dans le domaine* $D(x > 0)$, *alors*

$$(1) \qquad |f^{(n)}(z)| \leqq \frac{n!\, u(z)}{x^n} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

en tout point de D.

Soient, en effet, $z = x + iy$ un point de D et $\zeta = \xi + iy$ un nombre situé à droite de z sur la droite parallèle à l'axe réel passant par z. Construisons un cercle Γ de centre ζ et de rayon $\rho > \xi - x$. Alors on a

$$f(z) = \text{const.} + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\rho e^{\varphi i} + z - \zeta}{\rho e^{\varphi i} - z + \zeta} u(\zeta + \rho e^{\varphi i})\, d\varphi.$$

Donc

$$f^{(n)}(z) = (-1)^n \frac{n!}{\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\rho e^{\varphi i}\, d\varphi}{(\rho e^{\varphi i} - z + \zeta)^{n+1}} \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Et en vertu de la formule de Poisson :

$$|f^{(n)}(z)| \leqq \frac{2\rho n!\, u(z)}{(\rho - \xi + x)^{n-1} \{\rho^2 - (\xi - x)^2\}} \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

(¹) Séance du 21 novembre 1932.

Faisons tendre ξ vers l'infini et $\xi - \rho$ vers zéro. Alors

$$\frac{\rho}{\rho^2 - (\xi - x)^2} \to \frac{1}{2x},$$

d'où l'inégalité (1).

L'exemple $f(z) = 1/z$ montre que dans (1) le second membre ne peut pas être diminué.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'analogie hydraulique des mouvements d'un fluide compressible.* Note de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. Henri Villat.

L'analogie entre les mouvements ondulatoires à la surface de l'eau et ceux qui prennent naissance dans l'air, ainsi que l'analogie entre le phénomène du ressaut et celui de l'onde de choc, sont bien connues, mais je me propose de faire voir dans cette Note que cette analogie est plus profonde qu'on ne le suppose généralement et qu'elle peut être utilisée comme méthode de recherche permettant d'élucider systématiquement certains phénomènes aérodynamiques et hydrauliques les uns par les autres.

Si l'on admet que l'accélération verticale des particules fluides est petite comparativement à l'accélération g et si les composantes u, v de la vitesse q de ces particules ne sont fonctions que de x et y, on peut écrire en première approximation :

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{h_0}{h}\frac{\partial \psi}{\partial y}, \qquad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{h_0}{h}\frac{\partial \psi}{\partial x}, \tag{1}$$

où $h = h(x, y)$ et h_0 sont respectivement la profondeur du liquide en un point de coordonnées x, y, et en un point de vitesse nulle. L'équation des pressions conduit à la relation

$$\frac{h}{h_0} = 1 - \frac{1}{2}\frac{q^2}{c_0^2}, \tag{2}$$

$c_0^2 = gh_0$ étant le carré de la célérité de l'onde correspondant à la profondeur h_0.

Dans le cas des mouvements à deux dimensions d'un fluide compressible, on a les relations

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial \psi}{\partial y}, \qquad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial \psi}{\partial x}, \tag{3}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left[1 - \frac{\gamma - 1}{2}\frac{q^2}{c_0^2}\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}}, \tag{4}$$

où ρ est la densité du gaz en un point quelconque et ρ_0, c_0 sa densité et la célérité du son en un point de vitesse nulle.

On passe de l'équation (4) à l'équation (2), en posant

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{h}{h_0}, \qquad \gamma = 2.$$

L'exposant γ étant égal à 2 dans l'eau et à 1,41 dans l'air, il y aura une certaine différence quantitative, mais non qualitative, entre les problèmes hydraulique et aérodynamique correspondants, en nommant ainsi les problèmes déterminés par des fonctions ψ, satisfaisant aux mêmes conditions aux limites.

J'ai construit un appareil destiné à l'étude expérimentale de ces analogies. Les résultats préliminaires obtenus semblent être en bon accord avec la théorie. Les perturbations causées par les forces capillaires ne sont que locales et assez facilement reconnaissables.

En me basant sur cette théorie, j'ai aussi réalisé un *déversoir* ayant la forme d'une tuyère de Laval à deux dimensions, le plan de symétrie de cette dernière étant placé verticalement. Les filets fluides conservent ainsi leur parallélisme, dans toute la section du canal, jusque dans le voisinage immédiat du déversoir. Le déversoir est muni d'une porte à deux vantaux comme les écluses à sas.

Il serait aussi intéressant de discuter, en se plaçant au point de vue de cette théorie, la méthode des flammes que M. C. Chilowsky avait appliquée aux projectiles à ogive et qu'on pourrait appliquer aux ailes sustentatrices et aux hélices pour les vitesses dépassant celle du son.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la conservation de la quantité de mouvement dans les processus de chocs d'électrons.* Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

Le problème dynamique des chocs d'électrons a été l'objet de nombreux travaux dans les cadres de la Mécanique quantique. Cependant on ne trouve guère une discussion détaillée des théorèmes de conservation dans ces travaux. Nous voudrions donc montrer brièvement, dans ce qui suit, la validité du théorème de la conservation de la quantité de mouvement dans les processus de collisions d'électrons.

Désignons par $\vec{\rho}$, $\vec{r}_k$ et $\vec{R}_c$ les rayons vecteurs du centre de gravité de

l'atome-cible, de l'électron atomique — pour plus de simplicité l'atome est supposé hydrogénoïde — et de l'électron-incident, dans un système de référence au repos. On peut représenter les fonctions d'onde du système total, avant et après le choc, par le produit des fonctions d'onde des systèmes partiels. La fonction d'onde de l'atome en mouvement correspond — nous laisserons de côté les facteurs de phase — à une onde plane de de Broglie de la forme $e^{i\vec{p}\vec{\rho}}$, $\vec{p}$ étant le vecteur quantité de mouvement en unité $h/2\pi$, $\vec{p}_i$ et $\vec{p}_f$ aux états initial et final; $\psi_i(\vec{r}_\varepsilon - \vec{\rho})$ et $\psi_f(\vec{r}_\varepsilon - \vec{\rho})$ désigneraient les fonctions propres de l'électron atomique dans ces mêmes états et, enfin, l'électron incident, son mouvement pourra être représenté par une onde plane de de Broglie $e^{i\vec{P}\vec{R}_e}$. On aura donc pour la fonction d'onde du système total, laissant de côté la normalisation relative aux mouvements du centre de gravité de l'atome et l'électron incident et négligeant l'échange,

$$\Psi(\vec{\rho}, \vec{p}; \vec{r}_\varepsilon - \vec{\rho}; \vec{R}_e, \vec{P}) = e^{i\vec{p}\vec{\rho}}\psi(\vec{r}_\varepsilon - \vec{\rho})e^{i\vec{P}\vec{R}_e}, \tag{1}$$

où Ψ, $\vec{p}$, $\vec{P}$, ψ auront les indices i et f avant et après le processus. On sait alors que la probabilité de l'acte considéré est déterminée, à un facteur près, par le carré du module de l'élément de matrice de couplage entre l'atome et l'électron incident. Le potentiel de couplage correspond à la fonction $V(|\vec{R}_e - \vec{\rho}|, |\vec{R}_e - \vec{r}_\varepsilon|)$ bien connue, en supposant, sans introduire une erreur appréciable, que le centre de gravité de l'atome est confondu avec son noyau. L'élément de matrice en question sera donné par

$$V_{f,i} = \int \overline{\Psi}_f V \Psi_i \, d\tau(\rho)\, d\tau(r_\varepsilon)\, d\tau(R_e), \tag{2}$$

et si l'on pose $\vec{r} = \vec{r}_\varepsilon - \vec{\rho}$, $\vec{R} = \vec{R}_e - \vec{\rho}$, $\vec{r}$ et $\vec{R}$ désignant les rayons vecteurs des électrons atomique et incident dans un système d'axes lié au noyau de l'atome, on aura

$$\begin{aligned} V_{fi} &= \int e^{i(\vec{p}_i - \vec{p}_f + \vec{P}_i - \vec{P}_f)\vec{\rho}} d\tau(\rho) \int e^{i(\vec{P}_i - \vec{P}_f)\vec{R}} \overline{\psi}_f \psi_i \, d\tau(r)\, d\tau(R) \\ &= V_{fi,E} V_{fi,I}, \end{aligned} \tag{3}$$

les éléments de volume se conservant dans le changement d'axes. La deuxième intégrale est relative au choc interne (V_{fi}, I) que l'on décrit avec une bonne approximation dans un système de référence lié au noyau de l'atome. Cette approximation concerne le vecteur de choc $\vec{P} = \vec{P}_i - \vec{P}_f$

comme on le verra plus bas. La première intégrale réglant le choc externe ou cinétique n'est différente de zéro que si l'on a

$$(4) \qquad p_i - p_f + P_i - P_f = 0$$

qui exprimerait la conservation rigoureuse de la quantité de mouvement dans le processus d'excitation des niveaux discrets. Dans le cas de l'ionisation un terme de la forme $-\vec{P}_\varepsilon$ s'ajoute au premier membre de (4), c'est le vecteur quantité de mouvement de l'électron quittant l'atome, comme on s'en assure aisément. D'après (4) le gain de quantité de mouvement du centre de gravité de l'atome — ici le noyau — est égal à la perte de quantité de mouvement de l'électron incident et, par conséquent, il n'y a pas de transfert de quantité de mouvement dans le processus d'excitation (ceci est évident dans la diffusion élastique). La perte d'énergie totale de l'électron incident est la somme des pertes éprouvées dans les deux fractions de processus, l'excitation est le choc cinétique.

Le problème qui se pose alors en mécanique quantique est de déterminer le degré de rigueur de (4). On sait, en effet, que (4) est conditionné par le fait que les grandeurs qui y interviennent peuvent être mesurées avec une exactitude illimitée (mesure classique). En mécanique quantique, on sait que les ondes planes de de Broglie rigoureusement monochromatiques ne représentent qu'une *abstraction* et qu'en réalité on doit admettre toujours une bande de fréquence ou de quantité de mouvement pour l'onde ou le corpuscule. Ceci revient à dire que l'on a, au lieu de (4),

$$(5) \qquad V_{fi,E} = \delta\left(\vec{p}_i - \vec{p}_f + \vec{P}_i - \vec{P}_f\right).$$

où $\delta(x)$ désigne la fonction singulière de Dirac. C'est cette dernière relation qui exprimerait la *conservation* en mécanique quantique pour le processus considéré, conformément aux *possibilités de mesure* des grandeurs en question.

Quand on traite le problème de choc dans un système de référence lié au noyau de l'atome, le vecteur de choc est défini par la différence vectorielle des quantités de mouvement de l'électron incident avant et après le choc, dans son mouvement *relatif* au noyau de l'atome. Mais dans un système de repos, l'élément de matrice $V_{fi,I}$ est fonction du vecteur $\vec{P} = \vec{P}_i - \vec{P}_f$ différent du précédent. Cependant cette différence n'est pas grande, fait que nous avons souligné plus haut en attribuant nécessairement un caractère

de *bonne* approximation au traitement du choc dans un système lié au noyau de l'atome.

Les considérations précédentes rectifient certaines conclusions contenues dans une Note [1] précédente, où, à tort, les chocs externe et interne ont été pris comme indépendants.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la théorie des filtres électriques.* Note [2] de M. **Vaclav Bubenik** [3].

Si l'on place en série une résistance ohmique r, une inductance L, une capacité C on obtient, comme on sait, une résistance *composée* R dont la valeur s'obtient en faisant la somme géométrique des vecteurs R, $L\omega$, $1/C\omega$,

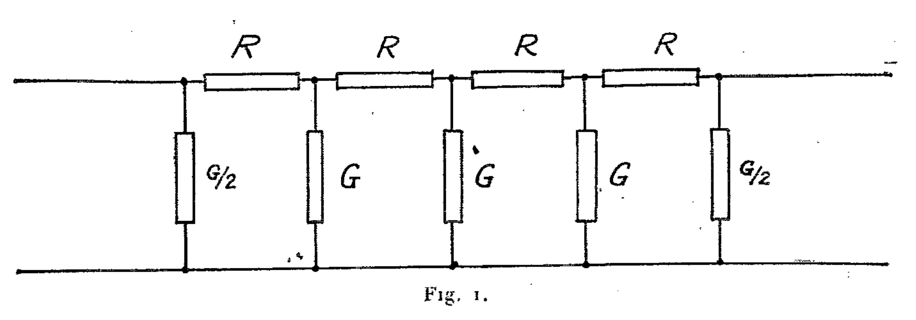


Fig. 1.

ω étant la pulsation du courant alternatif employé. De même si les trois appareils sont en parallèle la conductance G de l'ensemble s'obtient en composant les trois vecteurs $1/R$, $1/L\omega$, $C\omega$.

I. Un filtre électrique *simple* est formé par des résistances composées en série alternant avec des résistances en parallèle et formant une série de *cellules* successives identiques (*fig.* 1). Parmi les diverses formes de cellules considérons la forme en V où chaque cellule est formée par une résistance R_2 et la moitié des *résistances* en parallèle G_1 et G_3 (*fig.* 2). Si l'on désigne par R la résistance en série, par G la conductance de l'ensemble de $G_1/2$ et $G_3/2$, par V_{n-1} et V_n les tensions à l'entrée et à la sortie de la $n^{\text{ième}}$ cellule, par I_{n-1} et I_n les courants à l'entrée et à la sortie de cette cellule, on peut calculer $I_{n-1} - I_n$, $V_{n-1} - V_n$, $I_{n-1} - I_n$ et l'on trouve

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 864.

(2) Séance du 21 novembre 1932.

(3) Extrait d'un Mémoire déposé le 26 septembre 1932.

qu'entre la tension à l'entrée d'une cellule et à la sortie de la cellule suivante, où k est une constante égale à $RG+2$,

$$\frac{V_{n-1}}{V_n} = k - \frac{V_{n+1}}{V_n}.$$

En écrivant les relations analogues pour les cellules consécutives on trouve que le rapport des tensions, à l'entrée et à la sortie d'une cellule quelconque, est donné par une fraction continue en fonction de V_{n+1}/V_n,

$$\frac{V_{n-2}}{V_{n-1}} = k - \frac{1}{k - \frac{V_{n+1}}{V_n}}, \qquad \frac{V_{n-3}}{V_{n-2}} = k - \frac{1}{k - \frac{1}{k - \frac{V_{n+1}}{V_n}}}, \qquad \ldots,$$

et que le rapport entre les tensions entre les deux extrémités d'une portion, comprenant m cellules du filtre, est donné par

$$\frac{V_{n-m}}{V_n} = \left(k - \frac{V_{n+1}}{V_n}\right)\left(k - \frac{1}{k - \frac{V_{n-1}}{V_n}}\right)\left(k - \frac{1}{k - \frac{1}{k - \frac{V_{n+1}}{V_n}}}\right)\cdots$$

II. Si l'on met en circuit, aux bornes de sortie de la dernière cellule, une résistance composée ρ, on a un filtre *chargé*. On trouve alors, en

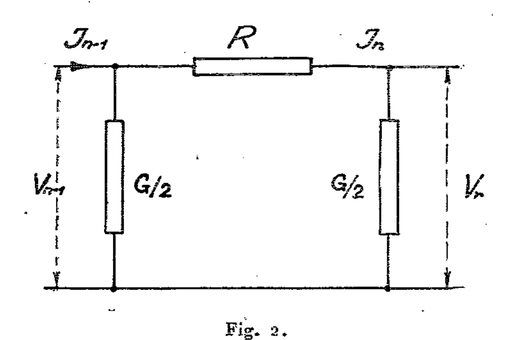


Fig. 2.

désignant par $1/a$ la constante $1 + R/\rho + RG/2$, la relation reliant la tension V_0 à l'entrée et V_{n+1} à la sortie du filtre,

$$V_0 = V_{n+1} \cdot \frac{1}{a}(k-a)\left(k - \frac{1}{k-a}\right)\left(k - \frac{1}{k - \frac{1}{k-a}}\right)\cdots,$$

ce qu'on peut écrire

$$V_0 = V_{n+1} S,$$

le facteur S étant connu quand on connaît les cellules formant le filtre et la résistance ρ. Ce facteur S peut avoir toutes les valeurs entre o et ∞. S'il est plus petit que 1 la tension à la sortie du filtre est plus grande que la tension à l'entrée.

On peut de même calculer la différence entre les intensités $I_{n-m} - I_n$ et la relation entre I_{n+1} V_0 et ρ. On a

$$V_0 = I_{n+1}\rho\frac{1}{a}(k-a)\left(k-\frac{1}{k-a}\right)\left(k-\frac{1}{k-\frac{1}{k-a}}\right)\cdots,$$

ce qu'on peut écrire

$$V_0 = I_{n+1} U,$$

U étant la résistance résultante du filtre chargé, résistance qui est en général une résistance composée, et qui dépend de la fréquence. Il y a en général plusieurs fréquences pour lesquelles la résistance du filtre passe par un minimum et pour lesquelles le filtre diminue fort peu le courant, et plusieurs fréquences pour lesquelles U est maximum.

OPTIQUE. — *Les mesures d'absorption des rayons ultraviolets par le méthane* CH^4, *l'éthane* C^2H^6 *et le n-butane* C^4H^{10} *à l'état gazeux.* Note [1] de MM. **W. Kemula** et **St. Mrazek.**

1. On n'a pas, jusqu'à présent, dans la littérature scientifique les données de l'absorption des hydrocarbures saturés aliphatiques dans la région des rayons ultraviolets lointains.

Des recherches sur l'absorption du méthane CH^4 ont été faites par G. Glocker (*Proceed. of Nation. Acad. of Sci.*, 11, 1925, p. 74). Les conditions expérimentales lui permettaient de mesurer l'absorption de ce gaz dans la région des rayons visibles jusqu'à 2400 Å. Le résultat obtenu a prouvé que le méthane n'absorbe pas de radiations dans cet intervalle.

2. Nos conditions expérimentales (spectrogaphe en quartz de Zeiss) permettaient d'exécuter des mesures dans l'intervalle de 6000 Å jusqu'à 1965 Å. La fente employée est large de $0^{cm},01$. L'étincelle condensée entre les électrodes en tungstène formait la source de radiation. Elle convient aux mesures d'absorption à cause de l'abondance des raies spectrales. La lon-

[1] Séance du 21 novembre 1932.

gueur du tube d'absorption employé est de $99^{cm},95$. Les photographies des spectres étaient faites sur des plaques sensibilisées par de l'huile des transformateurs.

3. Le méthane et l'éthane purs ont été préparés par la méthode de Moser, modifiée par W. Kemula (*Przemysl Chemiczny*, 12, 1928, p. 411).

On a obtenu le butane à partir de C^4H^9I par la méthode de Grignard. Outre le *n*-butane, une petite quantité s'est formée (4 pour 100 du volume total) d'un corps non encore identifié. Le spectre d'absorption de ce corps montrait 15 fortes et étroites bandes d'absorption dans la région de 2206 Å jusqu'à 1965 Å. Les maximums de ces bandes possédaient les longueurs d'ondes suivantes :

λ_{max} = 2206, 2188, 2170, 2153, 2136, 2117, 2103, 2086, 2069, 2053, 2036, 2022, 2004, 1991, 1970 Å.

L'acide sulfurique concentré n'a pas agi sur cette substance; seule l'agitation très prolongée avec de l'eau bromée est parvenue à la détruire. D'après les spectres d'absorption on peut constater que les corps possibles à rencontrer dans ce cas, c'est-à-dire : C^4H^9I, C^4H^9OH, C^4H^8, $(C^2H^5)^2O$, ont d'autres spectres d'absorption que le spectre décrit plus haut.

4. Les spectres d'absorption des méthane, éthane et *n*-butane purs ont été photographiés sous des pressions différentes ($p = 40 - 80^{cm}$ Hg) de gaz. L'épaisseur de la couche de ces gaz était de $99^{cm},95$.

5. Le résultat de ces recherches est le suivant : les méthane CH^4, éthane C^2H^6 et *n*-C^4H^{10} purs n'absorbent aucune radiation dans la région de 6000 Å jusqu'à 1965 Å.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'amorçage des oscillations de très haute fréquence.* Note de M. **A. Witt**, présentée par M. Brillouin.

Nous étudions ici le cas du diode; celui du triode (Barkhausen et Kurz, Gill et Morell, etc.) peut être traité de la même façon [1]. Supposons les électrodes planes, leur distance l petite par rapport à la longueur d'onde λ, la tension Φ entre les électrodes suffisante pour que le courant $\mathcal{J}_0$ émis par la cathode soit saturé. Négligeant la charge spatiale, écrivons l'équation

(1) Parmi les nombreuses publications à ce sujet nous n'en connaissons point où soient données les conditions d'amorçage.

du mouvement des électrons

$$\frac{d^2x}{d\tau^2} = \gamma\frac{\Phi}{e}, \qquad \gamma = \frac{e}{m}$$

(e, m charge et masse électroniques). Si pour $T = 0$, $x = dx/dT = 0$ la durée du parcours cathode-anode est définie par la relation

$$(1) \qquad l = \frac{\gamma}{e}\int_{t_0}^{t} d\tau \int_{t_0}^{\tau} \Phi\, d\tau$$

qui détermine le moment d'arrivée t en fonction du moment de départ t_0. Si tous les électrons atteignant l'anode y sont captés $\mathcal{J}_a(t)\,dt = \mathcal{J}_0\,dt_0$, $\mathcal{J}_a(t)$ étant le courant débité sur l'anode. Tirant de (1) l'expression de dt_0/dt nous obtenons l'équation de la caractéristique dynamique

$$(2) \qquad \mathcal{J}_a(t) = \mathcal{J}_0 \frac{\int_{t_0}^{t} \Phi\, d\tau}{\Phi(t_0)(t - t_0)}.$$

Lorsque le diode est en série avec un circuit L, R, C et alimenté par une f. é. m. $\mathcal{E}$,

$$(3) \qquad L\frac{d^2\mathcal{J}}{dt^2} + R\frac{d\mathcal{J}}{dt} + \frac{\mathcal{J}}{C} = \frac{\mathcal{J}_a}{C},$$

$$(4) \qquad \Phi = -L\frac{d\mathcal{J}}{dt} - R\mathcal{J} + \mathcal{E}.$$

Analysons la stabilité de la solution $\mathcal{J} = \mathcal{J}_0$; posons $\mathcal{J} = \mathcal{J}_0 + j$ (3), (4), (2), (1) nous donnent

$$(3') \qquad \frac{d^2j}{dt^2} + \omega^2 j = \omega^2(\mathcal{J}_a - \mathcal{J}_0) - \frac{R}{L}\frac{dj}{dt},$$

$$(4') \qquad \Phi = \mathcal{E}' - L\frac{dj}{dt} - Rj$$

($\omega^2 = 1/LC$, $\mathcal{E} = \mathcal{E} - R\mathcal{J}_0 \sim \mathcal{E}$. Nous pouvons négliger R dans cette formule; dans les autres, R a une valeur beaucoup plus grande, et variant avec ω (grâce à la radiation et au skin-effect)

$$(2') \qquad \mathcal{J}_a = \mathcal{J}_0 \frac{1 - \frac{L}{\mathcal{E}}\frac{j(t) - j(t_0)}{t - t_0} - \frac{R}{\mathcal{E}}\frac{\int_{t_0}^{t} j\, dt}{t - t_0}}{1 - \frac{L}{E}\left(\frac{di}{dt}\right)_{t_0} - \frac{R}{\mathcal{E}}j(t_0)}.$$

$$(1') \qquad \frac{l^2}{\gamma} = \frac{\mathcal{E}}{2}(t - t_0)^2 - L\left[\int_{t_0}^{t} j(t)\, dt - j(t_0)(t - t_0)\right] - R\int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{t} j(t)\, dt.$$

Formons maintenant l'équation aux variations

$$\frac{d^2 j_1}{dt_1^2} + j = \mathcal{J}_0 \frac{L\omega}{\mathcal{E}} \left[\frac{j(\omega t_0) - j(t_1)}{\omega T} + \left(\frac{dj}{dt_1}\right)_{\omega t_0} \right] - \frac{R}{\omega L} \frac{dj}{dt_1} - \frac{R\mathcal{J}_0}{\mathcal{E} T} \int_{t_1 - \omega T}^{t_1} j\, dt + \frac{R\mathcal{J}_0}{\mathcal{E}} j(\omega t_0),$$

où $t_1 = \omega t$, $t_0 = t - T$, $T = l\sqrt{2/\gamma\mathcal{E}}$ (durée de parcours à tension constante).

Considérant $\mu = \omega L \mathcal{J}_0/\mathcal{E}$ comme un petit paramètre, négligeons les deux derniers termes du second membre (restriction qui n'est nullement nécessaire); il vient

$$\frac{d^2 j}{dt_1^2} + j = \mu \left[\frac{j(\omega t_0) - j(t_1)}{\omega T} + \left(\frac{dj}{dt_1}\right)_{t_0\omega} - \rho \frac{dj}{dt_1} \right], \qquad \rho = \frac{R\mathcal{E}}{\omega^2 L^2 \mathcal{J}_0}.$$

La substitution $j = e^{\alpha t_1}$ donne l'équation caractéristique

$$\alpha^2 + 1 = \mu \left(\frac{e^{-\alpha\omega T} - 1}{\omega T} + \alpha e^{-\alpha\omega T} - \rho\alpha \right).$$

Pour qu'il y ait amorçage il faut que la partie réelle de α soit positive. En première approximation

$$R(\alpha) = \frac{\mu}{2} \left(\frac{-\sin\omega T}{\omega T} + \cos\omega T - \rho \right),$$

d'où la condition d'amorçage

$$(5) \qquad \frac{\sin\omega T}{\omega T} - \cos\omega T + \rho < 0.$$

Soit $\rho \ll 1$. Nous avons une région d'équilibre stable $0 < \omega T < 4,5$, une région $4,5 < \omega T < 7,7$ où les oscillations s'amorcent, etc. Asymptotiquement il y a stabilité pour $(4n - 3).\pi/2 < \omega T < (4n - 1).\pi/2$ et amorçage pour $(4n - 1).\pi/2 < \omega T < (4n + 1).\pi/2$, le milieu des régions d'amorçage vérifiant la relation

$$(6) \qquad \lambda_n^2 \mathcal{E} = \frac{2c^2 l^2}{n^2 \gamma},$$

où $c = 3.10^{10}$ cm/sec. Pour le milieu des régions rapprochées nous avons des relations de la forme $\lambda_n^2 \mathcal{E} = c^2 l^2/\gamma\, \mathcal{F}(n)$, $\mathcal{F}(n)$ étant la solution d'une équation transcendante. Nous retrouvons donc la formule de Barkhausen. Si ρ n'est pas négligeable, nous obtenons, en le supposant indépendant de la fréquence, la condition d'amorçage suivante : ρ doit être plus petit que la valeur absolue du minimum de $\sin x/x - \cos x$; ρ augmentant, les régions d'amorçage se rétrécissent; leur position asymptotique reste fixée par (6).

ÉLECTRICITÉ. — *Un procédé de compensation des courants plaques.* Note de MM. **P. Donzelot** et **J. Divoux**, présentée par M. A. Cotton.

La présente Note a pour but de signaler un montage permettant l'emploi, derrière un amplificateur à lampes à trois électrodes, d'un appareil de mesures sensible.

Le procédé habituellement usité consiste à compenser le courant constant de plaque à l'aide d'une source de courant (accumulateurs en général) dont on règle le débit par un rhéostat.

A cause de l'instabilité des sources de tension plaque et de l'accumulateur de compensation, il ne nous a pas été possible d'employer un instrument de mesure à très grande sensibilité. Nous employons, pour compenser le courant normal de plaque de la dernière lampe L de l'amplificateur, une lampe identique L' montée en opposition. La même batterie de tension plaque alimente les deux lampes.

L'appareil de mesure G est placé entre le fil de connexion plaque L — filament L' et le point médian d'un potentiomètre relié à la batterie plaque.

Dans ces conditions il est possible d'avoir en prenant les précautions habituelles (isolement soigné, allumage des lampes une heure avant l'expérience, blindage) une grande stabilité permettant l'utilisation en G de galvanomètres sensibles.

Dans un tel amplificateur associé à un pont de Wheatstone pour la mesure de résistances de l'ordre de 100 à 1000 mégohms les auteurs ont utilisé un galvanomètre sensible à 5.10^{-9} ampère.

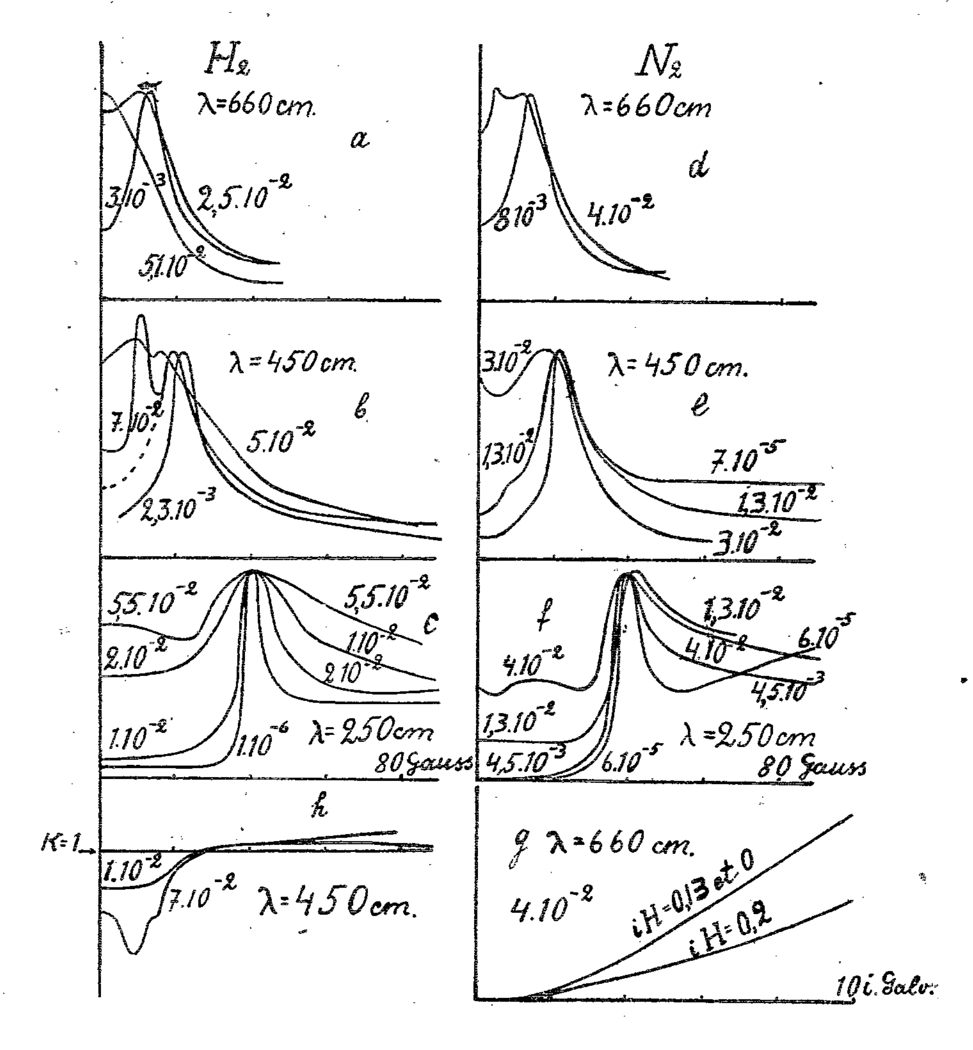
On évite ainsi l'emploi de tensions élevées pour le pont, tensions qui font passer dans les résistances un courant non négligeable et amènent leur échauffement.

Le même dispositif, employé depuis une année pour un amplificateur à trois étages associé à une cellule photo-électrique, a donné toute satisfaction.

IONISATION DES GAZ. — *Les gaz ionisés dans le champ magnétique; pressions plus grandes que* 10^{-3} mm Hg. Note de MM. **Th. V. Ionescu** et **C. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons mesuré la conductibilité et la constante diélectrique dans l'air, l'hydrogène et l'azote. Pour H_2 et N_2 les mesures sont faciles et l'on

obtient toujours les mêmes valeurs pour les mêmes pressions. Pour l'air elles sont plus difficiles. La forme des courbes reste la même dans des expériences successives, mais les valeurs ne se reproduisent pas identiquement. Dans la figure ci-dessous, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* représentent la conductibilité



en fonction de la longueur d'onde λ, le champ magnétique H et la pression p en millimètres de Hg. Les courbes g représentent pour différentes valeurs du champ magnétique la conductibilité en fonction de l'intensité du courant électronique.

Ces courbes montrent que pour des pressions de l'ordre de 10^{-2} mm Hg,

on constate seulement l'effet des électrons libres aussi bien sur la conductibilité que sur la constante diélectrique k. Pour des pressions plus grandes l'aspect des courbes change.

Sans champ magnétique la conductibilité croît avec la pression. Il y a des pressions pour lesquelles on peut obtenir à l'aide du champ magnétique d'autres maxima que ceux dus aux électrons libres. C'est ce qui arrive par exemple dans le cas de H^2 pour $p = 7.10^{-2}$mm Hg, $H = 6$ gauss et $\lambda = 450$ cm, et dans le cas de N^2 pour $p = 4.10^{-2}$mm Hg, $H = 3$ gauss et $\lambda = 660$ cm.

Tout se passe comme s'il y avait d'autres vibrations que celles dues aux électrons libres.

Pour de grandes valeurs du champ, ces autres vibrations disparaissent, et il ne reste que celles dues aux électrons libres. Les valeurs du champ magnétique, pour lesquelles la conductibilité passe par un maximum, varient avec la pression. La constante diélectrique, elle aussi, subit des changements caractéristiques des phénomènes de résonance, comme on peut le voir sur la figure h.

Pour mieux connaître la nature de ces vibrations, nous avons entrepris l'étude des gaz pour des fréquences très diverses et pour des champs plus grands que 100 gauss : dans ces conditions, nous avons trouvé d'autres changements.

Puisqu'on a constaté ces changements dans l'azote et dans l'air pour des pressions comprises entre 2.10^{-2} et $1,5.10^{-1}$mm Hg, cela prouve qu'on les trouvera de même dans l'atmosphère à des hauteurs comprises entre 50 et 80^{km}. Ces changements ont des grandes valeurs pendant la journée lorsqu'ils favorisent la propagation des ondes de 5 à 6^m; ils peuvent entraîner l'absorption des grandes longueurs d'onde.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'étincelle du rubidium dans l'ultraviolet lointain.* Note de M. **J. Janin**, présentée par M. Ch. Fabry.

La technique classique de la décharge sans électrodes a été utilisée par Dunoyer ([1]) et par Shaver ([2]) pour obtenir avec une grande intensité les

---

([1]) *Journ. de Phys.*, 6e série, 3, 1922, p. 261.
([2]) *Trans, Roy. Soc. Canada*, 18, Section III, 1924, p. 23.

spectres d'étincelle du cæsium et du rubidium. L'étude de ce dernier métal a été reprise dans le but de compléter et de préciser les observations antérieures, notamment dans la région lointaine de l'ultraviolet accessible avec les spectrographes ordinaires (2400-1850 Å).

Le métal alcalin, préparé en décomposant par chauffage dans le vide l'azide N^3Rb soigneusement purifié, a été introduit dans un tube cylindrique de silice fondue limité par des glaces planes et supportant un enroulement inducteur d'une dizaine de spires. Les conditions d'excitation (température, potentiel de décharge) ont été réglées de telle sorte que la décharge lumineuse soit parfaitement stable et corresponde à la luminosité intense bleue violette signalée par Dunoyer. Après quelques heures de fonctionnement, le tube est devenu inutilisable par suite de l'attaque de la silice; le noircissement rapide des fenêtres n'a pas permis de prolonger les observations vers les courtes longueurs d'onde jusqu'à la limite prévue. Toutefois, plusieurs spectrogrammes relatifs à l'intervalle 2400-2150 Å (plaques sensibilisées par une mince couche d'huile fluorescente, ou par une solution benzénique d'anthracène) ont été l'objet de mesures précises, en utilisant comme repères certaines raies du cuivre, d'après Burns et Walters [1]. Les longueurs d'onde ainsi déterminées sont probablement exactes à 0,03 Å près. Quelques mesures de contrôle ont été effectuées sur les raies peu nombreuses obtenues en introduisant une petite quantité de nitrate de rubidium dans une étincelle condensée jaillissant entre deux tiges de cuivre. En modifiant le régime de la décharge sans électrodes, on observe des variations d'aspect et d'intensité qui permettent de rattacher provisoirement la plupart des raies aux degrés successifs d'ionisation de l'atome de rubidium. Le tableau suivant renferme la liste des longueurs d'onde, avec les indications conventionnelles se rapportant à l'intensité et au spectre dont fait partie la raie correspondante (Rb II, Rb III et Rb IV), d'après son aspect sur différents clichés.

(1) *Pub. Allegheny Observatory University Pittsburgh*, 8, 1930, p. 27.

Int.	λ (I. A.).		Int.	λ (I. A.).		Int.	λ (I. A.).	
8	2381,30	III	7	2333,38	II	0	2274,31	
9	80,44	III	1	33,03	II	4	68,04	III
0	79,90		2	31,29	II	1	65,09	IV
2	77,85	III	0	30,70		3	64,00	II
0	77,35		2	30,04	II	1	63,62	
6	73,22	II	0	24,18		0	62,10	IV
1	70,96		5	23,74	III	6	54,24	II
5	67,52	II	1	21,73	III	1	51,48	
1	66,63		3	14,56	III	2	50,73	
7	65,97	III	2	13,82	III	1	49,01	
6	65,08	III	8	12,45	II	0	46,42	
10	64,28	II	0	12,00		0	42,59	
0	63,74		1	09,47	IV	0	38,46	
3	62,34	III	0	08,98		0	37,75	
0	60,69		2	08,42	II	1	34,37	
2	58,05		0	07,68		2 d.	26,15	III
5	56,98	II	4	07,27	III	8	17,12	II
4	53,98	III	4	04,27	III	0	12,19	
5	53,10	II	9	04,14	II	0	07,87	
1	52,56	II	0	02,18		0	05,82	
2	51,50	II	5	00,14	II	0	04,93	
0	50,32		4	2298,86	II	2	2198,29	III
7	49,80	III	0	98,09		2	98,01	III
8	45,35	III	0	97,29		0	90,36	
0	44,86		2	94,99	III	2	82,2	
1	42,86	IV	7	91,76	II	0	81,1	
5	41,89	III	0	89,95	III	1	80,6	
0	41,35		0	88,69		0	80,1	
9	37,05	III	2	87,69	III	1	72,0	
1 d.	36,39	IV	2 d.	86,97	III	2	64,6	III
2	35,42	III	0	78,94		0	53,2	
1	33,81	III	1	75,60		6	43,8	III

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence du temps sur la conductibilité des colloïdes mesurée à deux niveaux différents.* Note (¹) de M. **Papayanno**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de la conductibilité des solutions colloïdales et des suspensions en fonction du temps constitue un criterium de l'évolution au cours du temps de ces substances. Jusqu'à présent les auteurs qui se sont occupés de

(¹) Séance du 7 novembre 1932.

la question se sont bornés à mesurer cette conductibilité à une hauteur déterminée de la colonne liquide.

Aussi m'a-t-il paru intéressant d'effectuer cette mesure à deux niveaux différents de la colonne étudiée pour déceler, par une méthode dont on connaît l'extrême sensibilité, l'importance que peuvent prendre les phénomènes de sédimentation.

Le vase de conductibilité comportant deux séries d'électrodes dont la différence de niveau était, selon les expériences, de 5 à 8^{cm}, était plongé dans un thermostat dont la température était constante à $0^{\circ},05$ près.

La précision de la mesure était de 0,3 pour 100 environ, grâce à l'emploi d'un pont à fil de 40^{m}.

J'ai étudié avec ce dispositif des systèmes dispersés différents des suspensions de grains de mastic sélectionnés par centrifugation, des suspensions de collodion et des solutions colloïdales d'argent obtenues soit par voie électrique, soit par voie chimique.

On constate que la conductibilité de tous ces systèmes en fonction du temps varie de manière très différente selon que l'on considère les électrodes du niveau supérieur ou celles du niveau inférieur.

Les courbes représentant ces variations sont d'allure nettement divergente : l'écart $(S - I)/S$, où S représente la conductibilité au niveau supérieur et I la conductibilité au niveau inférieur, augmente au cours de l'évolution.

Ces mesures sont délicates car les écarts observés sont faibles, en outre, il est nécessaire pour éviter l'introduction d'une cause d'erreur systématique d'opérer sur de l'eau non seulement débarrassée du CO^2 mais encore ultrafiltrée.

Si l'on étudie ainsi de l'eau de conductibilité ordinaire, celle-ci présente à un degré plus faible le phénomène décrit avec des solutions colloïdales, sans doute par suite de la sédimentation de particules ultra-microscopiques.

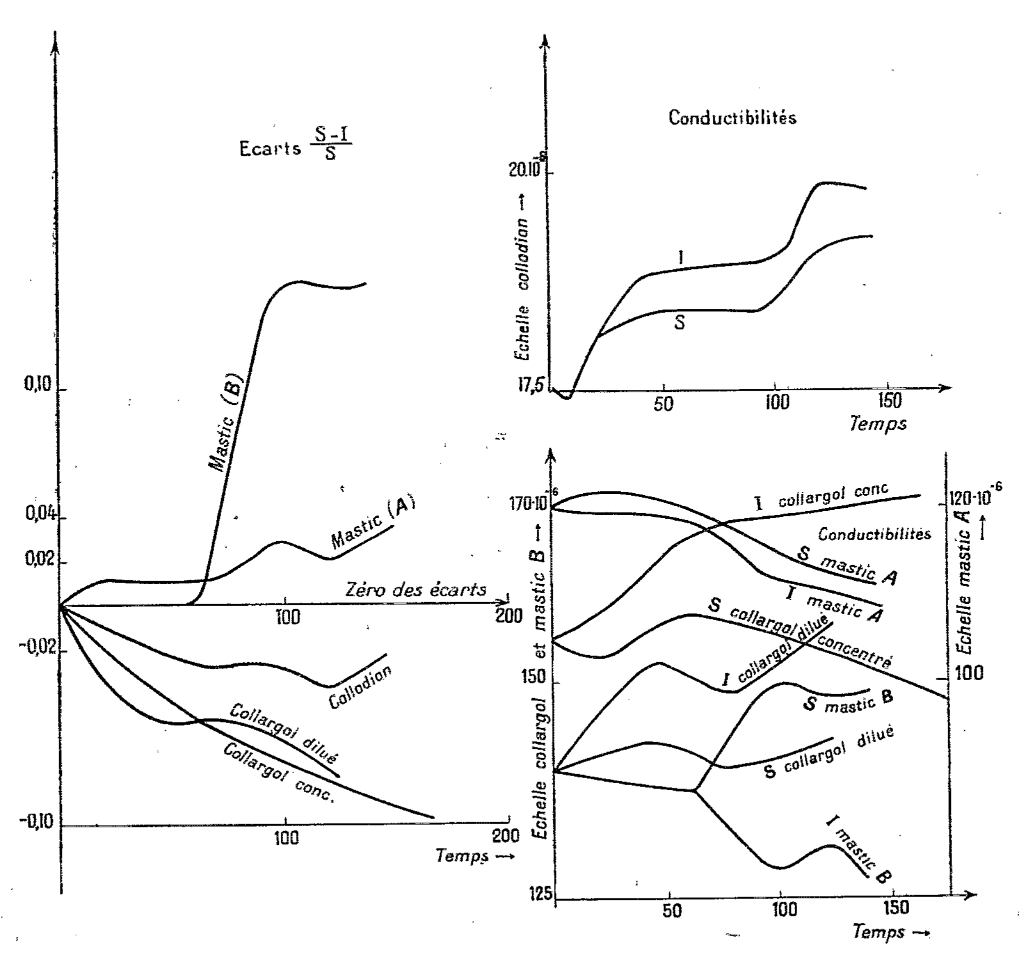
Mais si l'on utilise de l'eau de conductibilité optiquement vide cette anomalie disparaît.

Pour des suspensions à gros grains telles que les suspensions de mastic, la courbe de conductibilité au niveau S est toujours située au-dessus de celle correspondant au niveau I et l'écart entre les deux courbes augmente régulièrement lorsque l'on considère des durées d'évolution de l'ordre de 150 heures. On vérifie, du reste, que cet écart est d'autant plus grand que le diamètre des particules considérées est lui-même plus grand.

Au contraire, pour des systèmes tels que des suspensions fines de collo-

dion et des solutions colloïdales d'argent la courbe relative au niveau I est toujours supérieure à celle relative au niveau S, l'écart entre les deux courbes augmentant constamment.

Sur les figures, la courbe A est relative à du mastic de diamètre inférieur à celui du mastic B.



On peut représenter les résultats d'une manière particulièrement nette en portant en abscisses le temps exprimé en heures et en ordonnées l'écart relatif $(S - I)/S$. La figure représente quelques-uns des résultats obtenus.

En conséquence la détermination de la conductibilité à différentes hauteurs d'une solution colloïdale apporte un nouvel élément a l'étude de l'évolution de ces substances.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'affinité superficielle du caoutchouc pour la charge.* Note de M. E. Vellinger, présentée par M. Jean Perrin.

On sait qu'il existe une relation entre les propriétés mécaniques du caoutchouc et la nature de la charge qui lui est incorporée. On a constaté que certaines charges ont la propriété d'améliorer considérablement les caractéristiques mécaniques du caoutchouc. Ainsi, l'oxyde de zinc se montre comme un agent de renforcement meilleur que des substances à grain plus fin. Le lithopone dont la finesse est du même ordre de grandeur que celle de l'oxyde de zinc n'a aucune action renforçante. Le noir de gaz a l'action la plus puissante que l'on connaisse. Or les charges renforçantes sont toutes de très bons absorbants. Par contre les charges inertes sont très médiocres à ce point de vue. Les phénomènes d'adsorption semblent donc jouer un rôle important dans l'action renforçante des charges et, par conséquent, les substances à forte activité superficielles qui sont adsorbées par ces charges.

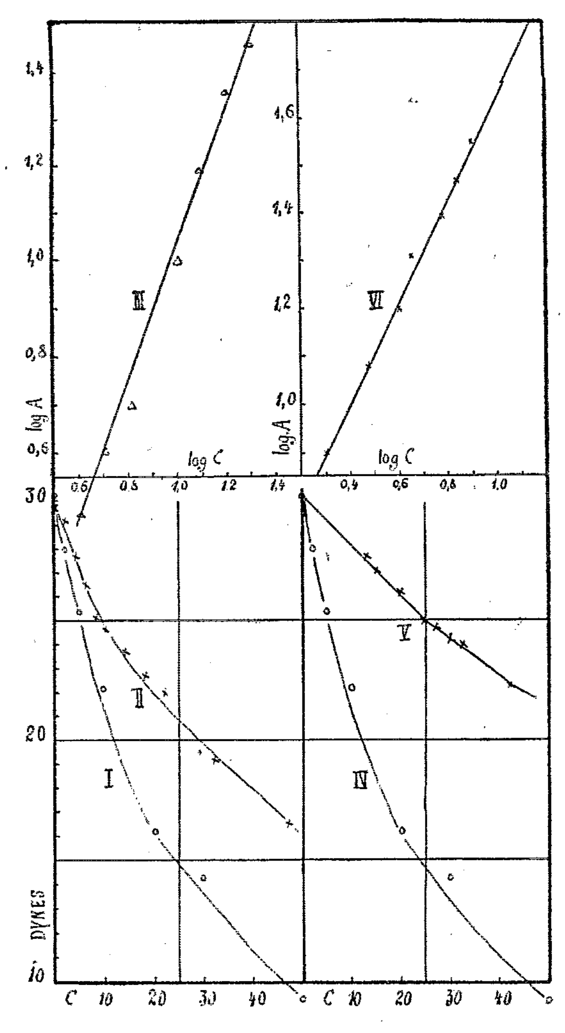
Nous avons montré [1], que l'activité de la gomme pure, débarrassée de ses constituants résineux, est très faible, sinon nulle. Par contre, les résines extraites du caoutchouc par l'acétone ont une activité extraordinaire. On peut se demander, dans ces conditions, si les résines ne contribuent pas efficacement à l'action de renforcement grâce à une affinité superficielle très grande à la fois pour la gomme et pour la charge.

Effectivement, l'expérience nous a montré que les résines sont également absorbées par ces deux substances. Si l'on détermine la tension interfaciale des solutions benzéniques de résine en présence et en l'absence de charges, on constate que la présence de substances adsorbantes détermine une forte élévation de tension. Tout se passe comme si une partie de la résine était éliminée de la solution (voir figure). On peut admettre que cette élévation de tension interfaciale correspondra à la quantité de résine adsorbée. On peut calculer la quantité de résine adsorbée et la concentration de la solution benzénique correspondant à cette tension. Les logarithmes de ces quantités définissent une droite avec une très bonne approximation conformément à l'expression logarithmique de l'isotherme d'adsorption de Freundlich. Les mêmes faits s'observent avec le caoutchouc.

---

[1] E. Vellinger, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 788.

On sait que la résine est indispensable pour la fabrication du caoutchouc de bonne qualité. Il semble donc bien que son rôle soit d'activer les car-



Courbe de tension interfaciale des solutions benzéniques de résine en fonction de la concentration (en milligrammes pour 100^{cm^3}) en absence (I) et en présence (II) de caoutchouc; en absence (IV) et en présence (V) de charges (noir de gaz). Adsorption de la résine par le caoutchouc (III) et par la charge (VI). Expression logarithmique des isothermes d'adsorption de Freundlich (A, quantité de résine adsorbée et C, concentration de la solution).

bures du caoutchouc et de déterminer une liaison superficielle entre la charge active d'une part et la gomme peu active d'autre part.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les composés de l'acide tartrique et du chrome.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Communication précédente ([1]), j'ai indiqué que l'hydroxyde de chrome se dissout dans les solutions d'acide tartrique en formant d'abord un tartrate normal de couleur bleue. Ce composé, qui ne semble pas avoir été signalé, n'a pu être isolé par suite de sa grande solubilité, et du fait qu'en solution aqueuse, il se transforme, comme je l'ai montré, en un complexe violet foncé où le chrome est entièrement dissimulé. L'étude de la cinétique de cette transformation par diverses méthodes indique que l'anion complexe contient probablement un atome de chrome uni à un radical T d'acide tartrique, et que de l'acide tartrique est libéré dans la transformation.

Comme ce composé complexe n'a pu être isolé à l'état de cristaux, j'ai déterminé ici sa composition et sa constitution par des méthodes physico-chimiques.

Ces études ont porté sur des solutions contenant toutes dans un même volume un même poids d'acide tartrique, soit n équivalents-grammes ($n = 149.10^{-5}$ dans 10^{cm^3}) et des quantités variables d'hydroxyde de chrome. Ces solutions avaient été au préalable abandonnées pendant plusieurs mois à la température ordinaire pour que la formation du complexe fût complète.

Si l'on ajoute une quantité suffisante d'une base alcaline à l'une quelconque de ces solutions, sa couleur passe du violet au vert, sans que l'hydroxyde de chrome précipite. On a suivi, au cours de l'addition de soude, les variations de l'acidité (pH) de la conductivité (k), du pouvoir rotatoire (α_{578}), de l'absorption lumineuse. L'allure des courbes est la même pour toutes les solutions. Elle est représentée par la figure.

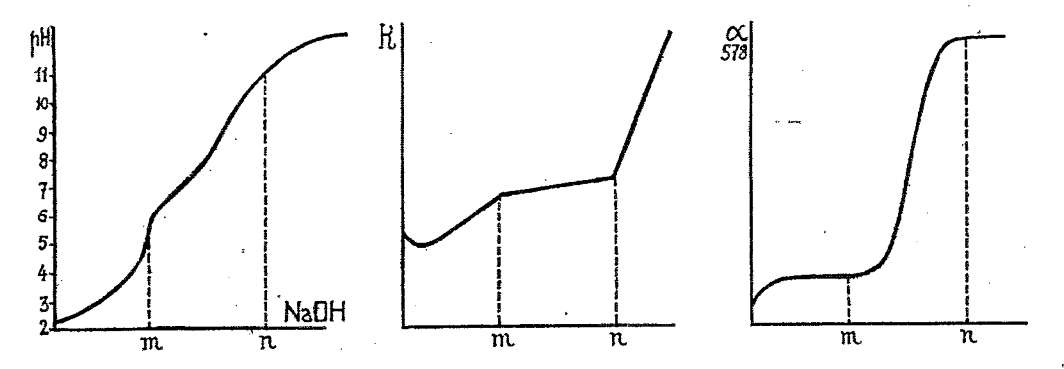
Toutes ces courbes montrent deux singularités aux points d'abscisses m et n. La position de ces points est surtout déterminée avec précision sur les courbes k.

Le second point singulier a la même abscisse pour toutes les solutions, quelle que soit leur teneur en chrome; il correspond à l'addition de n molécules-grammes de NaOH. Donc l'acidité totale, *mesurée par conductivité*, de

([1]) J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1079.

la solution d'acide tartrique dont on part, ne change pas quand on y introduit du chrome sous forme de complexe. C'est pour la même valeur n que tendent vers l'horizontale les courbes pH et α.

L'abscisse m du premier point anguleux de la courbe k est au contraire d'autant plus rapprochée de l'origine que la solution renferme plus de chrome. A ce point correspondent : sur la courbe pH un point d'inflexion à tangente verticale; sur la courbe α un palier horizontal. En même temps,



on remarque que le changement de couleur des solutions violettes ne commence à se produire qu'à partir du point d'abscisse m des courbes de saturation.

Ces faits conduisent à penser que dans la neutralisation des solutions précédentes par la soude, l'acide tartrique libre qu'elles contiennent est d'abord saturé, puis que la base réagit avec le complexe. En effet les courbes pH et k sont superposables, dans leur première partie, aux courbes que fournit une solution d'acide tartrique pur. La première ascension de la courbe α s'explique également par la formation de tartrate neutre de sodium.

La seconde partie de la courbe pH représente une courbe de neutralisation d'un acide faible. Elle est asymptote à la verticale en n si on la corrige pour tenir compte, vers les pH élevés, de la quantité de soude nécessaire pour donner au milieu la réaction alcaline. La seconde partie de de la courbe α a également le caractère d'une courbe de saturation (1).

Tout se passe comme si le complexe étudié était un acide très faible. La

(1) J. Liquier, *Annales de Physique*, 10e série, 8, 1927, p. 121.

conservation de l'acidité totale de la solution exige que cet acide soit bibasique ; ses deux fonctions doivent posséder des pK assez voisins ([1]).

Le complexe doit donc s'écrire $[T^x Cr^y]H^2$, en mettant en évidence 2 H acides. L'examen des courbes k permet de déterminer le rapport x/y. En effet, $(n-m)/2$ représente le nombre de molécules-grammes d'acide tartrique combinées au chrome dont le nombre d'atomes-grammes qui existe dans chaque solution est connu. La moyenne des mesures faites sur 11 solutions dans lesquelles la quantité de chrome variait de 73.10^{-6} à 520.10^{-6} atome-gramme pour 10^{cm^3}, a conduit à la valeur $x/y = 0,996$.

Le complexe violet, ou acide chromitartrique peut donc s'écrire $[TCr]H^2$; ses sels alcalins verts : $[TCr]Na^2$.

Le maximum de la bande d'absorption que ces solutions possèdent dans le visible se déplace depuis $0^{\mu},56$ jusque vers $0^{\mu},60$. Le dichroïsme circulaire et l'anomalie de la dispersion rotatoire subissent le même déplacement, si l'on considère toutefois les solutions fraîchement neutralisées. En milieu alcalin, en effet, se produisent des mutarotations importantes et compliquées, qui indiquent la formation de nouveaux composés et que j'exposerai prochainement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Chaleurs d'humectation du gel de silice par divers liquides.* Note ([2]) de M. **Robert Berthon**, présentée par M. Matignon.

Un certain nombre de tentatives ont été faites pour essayer de retrouver par le calcul les chaleurs d'humectation déterminées expérimentalement. Ces calculs sont déduits par voie thermodynamique de la variation de l'énergie *totale interfaciale*, avant et après immersion. Ils reposent essentiellement sur l'hypothèse tacite d'éléments de surface d'adsorption *plans* ([3]).

Dans l'hypothèse de Patrick et Grimm ([4]) tous les grains de gel sont

---

([1]) La phénolphtaléine vire vers pH = 9. On voit sur la figure que cet indicateur ne donnera pas de renseignements corrects sur l'acidité totale des solutions.

([2]) Séance du 21 novembre 1932.

([3]) Nous entendons ici par surfaces « planes » des surfaces dont le rayon de courbure est grand comparé aux dimensions moléculaires et pour lesquelles, par conséquent, le plan tangent en un point peut être supposé contenir tous les atomes voisins de ce point.

([4]) Patrick et Grimm, *Am. Ch. Soc.*, 43, 1921, p. 2144.

tapissés d'une couche monomoléculaire d'eau et c'est la diminution d'énergie dans le remplacement de cette interface eau-air qui constitue la chaleur d'humectation.

Ceci conduit à admettre que la chaleur d'humectation du gel de silice par l'eau doit représenter un *maximum* pouvant être atteint pour les liquides humectants ayant une énergie interfaciale nulle vis-à-vis de l'eau, mais jamais dépassé. Il n'en est rien, nous avons trouvé toute une série de nombres très supérieurs (voir le tableau). Patrick et Grimm avaient d'ailleurs constaté eux-mêmes que la chaleur d'humectation par l'alcool était supérieure à celle de l'eau. On peut remarquer que d'une façon générale ce sont les liquides « polaires » qui donnent une chaleur d'humectation supérieure à celle de l'eau.

L'hypothèse de Patrick et Grimm est donc certainement erronée. D'ailleurs le calcul de l'eau tapissant les grains de gel à l'état monomoléculaire conduit pour la surface envisagée, à des teneurs en eau supérieures à celles du gel réel (environ 20 pour 100 au lieu de 5 pour 100).

La théorie thermodynamique de Bartell et Fu (¹) représente certainement une approximation meilleure de la chaleur d'humectation puisqu'elle fait intervenir à la place d'une surface d'eau une surface de silice minérale, néanmoins elle néglige les effets des très petits capillaires, c'est-à-dire des surfaces « non planes ».

Dans le cas de telles surfaces, la « pression d'adsorption » donnée en fonction de la pression interne, d'après Bartell et Osterhof (²) par la relation $P_a = (W_a/W_c)P_i$ est plus grande que sur une surface « plane ». Plus l'énergie d'adhésion du solide au liquide (W_a) l'emporte sur l'énergie de cohésion (W_c) du liquide, plus l'effet de la courbure de la surface capillaire se fait sentir en produisant un *excès* de compression du film superficiel excès donnant lieu à une chaleur de compression.

Le tableau suivant contient les chaleurs d'humectation (Q) d'un gel Patrick (5,5 pour 100 d'eau) pour divers liquides organiques, soigneusement purifiés, déterminées dans un calorimètre analogue à celui de Bartell et Fu (*J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 1758).

(¹) Bartell et Fu, *Colloid symp. mon.*, 7, 1930, p. 135.
(²) Bartell et Osterhof, *Colloid symp. mon.*, 5, 1927, p. 113.

Liquide.	Q c/gr.	$W_{a(H^2O)}$ (a).	W_c (a).	$W_a - W_c$ (a).
Sulfure de C	7,66	55,82	62,76	— 6,94
Tétrachlorure de C	10,55	54,45	53,39	+ 1,06
Bromobenzène	15,10	69,23	72,52	— 3,29
Benzène	16,17	66,63	57,69	+ 8,94
Nitrobenzène	18,85	90,52	86,76	+ 3,76
Eau	21,73	145,6	145,6	0
Benzonitrile	24,44	-	-	-
Acétophénone	24,99	-	-	-
Alcool éthylique	25,50	95,2	44,8	+50,4
Alcool méthylique	26,21	95,5	45,4	+50,1
Acétate d'éthyle	26,41	-	-	-
Aniline	26,74	109,61	85,16	+24,45
Acide acétique	27,46	100,4	55,2	+45,2

(a) Valeurs en ergs/cm² prises dans les Mémoires du laboratoire Harkins, parus dans le *J. Am. Chem. Soc.*

L'énergie d'adhésion d'un certain nombre de liquides pour la silice peut être déduite des mesures d'angles de contact de Bartell et Merrill [1] par la relation de Th. Young. On constate ainsi qu'elle est en général supérieure à l'énergie d'adhésion de ces mêmes liquides pour l'eau, la différence, approximativement constante, s'élevant à quelques ergs seulement; aussi les valeurs figurant dans le tableau sont ces dernières dont on possède une gamme plus étendue.

On peut remarquer que ce sont les liquides polaires qui présentent les plus grandes différences $W_a - W_c$ et qu'ils doivent par conséquent donner le plus grand excès de compression dans les capillaires atteignant les dimensions moléculaires, c'est bien ce que montrent les résultats que nous avons obtenus.

Toute théorie purement thermodynamique de la chaleur d'humectation du gel de silice est certainement incomplète parce qu'elle néglige les facteurs géométriques de la surface qui, sans avoir un rôle prépondérant, ont cependant une influence qui est loin d'être négligeable. L'influence de ces facteurs géométriques est d'autant plus grande que les capillaires sont plus étroits.

(1) Bartell et Merrill, *J. Phys. Chem.*, 36, 1932, p. 1178.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la valeur de l'allongement réalisé au cours de tractions successives, suivies de vieillissements, sur la limite élastique et le module d'Young d'un acier doux.* Note (¹) de M. **Jean Galibourg**, présentée par M. Léon Guillet.

Après écrouissage par traction, la loi de proportionnalité des efforts et des allongements, énoncés par Hooke, ne se vérifie plus. Un vieillissement à la température ordinaire ou à température modérée, rétablit la proportionnalité pour l'acier et le nickel.

En poursuivant l'étude de ce phénomène (²), j'ai cherché à déterminer s'il se manifestait encore quand on avait fait subir à l'acier, par simple traction, l'écrouissage maximum compatible avec la nature du métal.

Première série d'essais. — Cinq éprouvettes d'acier doux ont été tirées sur une machine de traction, de façon à produire des allongements variés, suivis de vieillisements de 10 minutes à 165°-170°, dans les conditions suivantes :

N° d'éprouvettes.	*Conditions de traction.*
1......	Allongement jusqu'à la rupture (A = 20,5 pour 100 hors striction), vieillissement et deuxième traction
2......	Allongement de 10 pour 100, vieillissement et deuxième traction
3......	Série d'allongements de 5 pour 100, chaque traction étant suivie d'un vieillissement
4......	Série d'allongements arrêtés à la fin du palier de la courbe de traction, chaque traction étant suivie d'un vieillissement

Le tableau suivant donne pour chaque traction la valeur de la limite élastique apparente et de l'effort maximum auquel chaque traction à été arrêtée. Ces deux caractéristiques sont rapportées à la fois à la section initiale avant la première traction et à la section initiale au début de chaque traction partielle.

(¹) Séance du 21 novembre 1932.

(²) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 168; 194, 1932, p. 1635.

Influence de l'allongement réalisé au cours de tractions successives avec vieillissements intermédiaires sur les caractéristiques à la traction d'un acier doux.

N° de l'éprouvette.	Première traction.			Deuxième traction.				Troisième traction.			
						A %/				A %	
	E.	M.	A %.	E.	M.	2mm traction.	depuis le début.	E.	M.	3mm traction.	depuis le début.
1....	26,3	36,2	20,5	41,7 **51,5**	43 (R) **51,75**	3,8	24,3	–	–	–	–
2....	24,9	33,4	10	39 **43**	42,8 (R) **47**	9,6	19,6	–	–	–	–
3....	24,8	28,5	5	35,3 **37,1**	38,4 **40,4**	5	10	44,0 **45,7**	44,8 **49,4**	5	15
4....	25,4	27,9	4,6	34,2 **35,9**	35,2 **36,9**	2,8	7,5	40,8 **43,75**	41,1 **44,25**	3,16	10,6

N° de l'éprouvette.	Quatrième traction.				Tractions.			
			A %		Cinquième.	Sixième.	Septième.	Huitième.
	E.	M.	4mm traction.	depuis le début.	E = R, A = 0.	E = R, A = 0.	E = R, A = 0.	E = R, A = 0.
1....	–	–	–	–	–	–	–	–
2....	–	–	–	–	–	–	–	–
3....	49,0 **56,4**	49,0 (R) **56,4**	0	15	–	–	–	–
4....	45,8 **50,7**	46,0 **50,75**	3,5	14,16	48,7 (R) **55,8**	50,0 (R) **57,2**	50,0 (R) **57,2**	50,4 (R) **57,6**

Conditions de l'essai. — **N° 1.** Première traction jusqu'à la rupture. — **N° 2.** Allongement 10 %. — **N° 3.** Allongement 5 % à chaque traction. — **N° 4.** Tractions jusqu'à la fin du palier.

E = limite élastique apparente; M = effort maximum atteint; A % = allongement % hors striction.

La lettre (R) suivant certains nombres indique que l'éprouvette est rompue. Les nombres en chiffres plus gras sont rapportés aux sections d'éprouvettes au début de chaque traction partielle.

Conclusions de ces premiers essais. — *a.* La limite élastique finale la plus élevée est obtenue quand l'allongement pour 100, lors de chaque traction partielle est le plus faible et le nombre de tractions intermédiaires le plus elevé; mais aussi l'allongement total avant rupture est le plus faible.

b. Après la première traction, la limite élastique apparente, rétablie par vieillissement, est d'autant plus faible que la charge maximum, atteinte lors de la première traction, est elle-même plus faible.

Deuxième série d'essais. — Sur une éprouvette préparée comme l'éprouvette n° 4, avec quatre tractions et quatre vieillissements, j'ai déterminé, au moyen de l'élasticimètre à miroirs de Martens, la courbe de traction jusqu'à $47^{kg},5$ par millimètre carré.

Conclusions générales. — *a.* Les courbes de charge et de décharge sont parfaitement superposées. Donc, après le traitement imposé, l'élasticité du métal apparaît parfaitement rétablie.

b. Le module d'élasticité du métal recuit (19250^{kg} par millimètre carré) est supérieur à celui du métal écroui et vieilli (17930) si l'on rapporte les charges à la section initiale avant la première traction, mais inférieure si l'on rapporte les charges à la section au début de la dernière traction (20320).

J'ai observé le même phénomène dans le cas du nickel :

Module du nickel recuit	22284
Module du nickel écroui et vieilli (charges rapportées à la section avant la première traction	21450
Module du nickel écroui et vieilli (charges rapportées à la section avant la dernière traction	22640

On peut donc faire varier par écrouissage le module de Young de certains métaux.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur l'inflammation accidentelle des vapeurs d'essences par les étincelles électriques.* Note de MM. **André Kling** et **Alfred Soulier**, présentée par M. Fabry.

Lorsqu'il se produit un sinistre, résultant de l'inflammation accidentelle des vapeurs d'essences de pétrole, ou de produits analogues, la recherche des causes de l'accident est, en général, difficile. Aussi n'est-il pas rare de voir expliquer l'accident à l'aide d'arguments commodes, mais de caractère purement hypothétique.

Parmi les explications faciles, il en est une que l'on invoque de plus en plus fréquemment depuis quelques années. Elle concerne l'intervention possible d'étincelles électriques, comme cause initiale du sinistre. Certes, il est indéniable que, lorsqu'elle se produit dans des conditions favorables, une étincelle électrique peut enflammer des vapeurs combustibles. C'est ainsi, par exemple, que des incendies d'essence ont été provoqués par l'éclatement d'une étincelle jaillissant entre un objet métallique et les parois de réservoirs métalliques, isolés électriquement, dans lesquels on avait fait

couler un jet d'essence, le frottement du liquide non conducteur sur la tôle du réservoir ayant provoqué son électrisation.

Nous avons commencé par vérifier que, pour les conditions expérimentales dans lesquelles nous opérions, chacun de ces mélanges, introduit dans un même eudiomètre, renversé sur la cuve à mercure, subissait la combustion intégrale lorsqu'il était allumé par l'étincelle nourrie provenant d'une petite bobine de Ruhmkorff. Après quoi nous avons introduit, dans ce même eudiomètre, un volume constant de chacun des mélanges, et nous l'avons soumis à l'action d'étincelles éclatant entre l'extrémité des fils de platine de l'eudiomètre, étincelles que nous produisions à l'aide d'une petite machine de Wimshurst, dont les plateaux mesuraient 25^{cm} de diamètre; cette machine était munie de condensateurs amovibles. Nous avons opéré dans l'obscurité, de manière à vérifier que, dans chaque expérience, l'étincelle traversait bien la masse gazeuse. Nous avons constaté que, pour tous les mélanges sur lesquels nous avons opéré, l'allumage était provoqué par l'étincelle que fournissait la machine munie de ses condensateurs.

Mais si, par suppression des condensateurs de la machine, nous réduisions la capacité à n'être plus que celle représentée par les deux sphères d'éclatement (de 1^{cm} de diamètre), l'étincelle devenait grêle, d'aspect bien connu, et devenait alors incapable d'allumer le mélange tonnant. Par accroissement progressif de la capacité de la machine, réalisé en intercalant progressivement les condensateurs, nous ramenions alors peu à peu l'étincelle à un état tel qu'elle redevenait capable de provoquer à nouveau l'allumage des mélanges, déterminant la combustion totale.

De même, en interposant, entre les sphères de la même machine, de petites bandes de papier Joseph, imbibées, soit d'essence minérale, soit d'éther, soit de benzine, nons avons constaté que l'allumage de ces solvants volatils se produisait, ou non, suivant que l'étincelle provenait de la machine pourvue, ou dépourvue, de ses condensateurs.

Mais, partant de ce fait acquis, on a voulu ensuite généraliser l'intervention possible de ce genre de processus d'inflammation, et l'on a été jusqu'à prétendre que le fait de nettoyer des étoffes légères (soie, soie artificielle, etc.) dans des bains d'essences, pouvait entraîner l'inflammation des vapeurs d'hydrocarbures les plus volatils contenus dans cette essence. Cette hypothèse, admise comme vérité démontrée, a même déterminé récemment, à l'étranger, une décision de justice que la grande presse internationale a diffusée largement, en vue de l'édification du public. Il s'agissait, en l'espèce, d'une personne qui, nettoyant des bas de soie artificielle,

dans un bain d'essence, aurait été brûlée vive, par suite de l'inflammation qu'auraient subies les vapeurs d'essences mélangées à l'air, inflammation qui aurait eu pour point de départ l'électrisation acquise par le tissu frotté au contact de l'essence.

Persuadés que nous étions de l'inanité de cette explication, nous avons pensé qu'il ne serait pas inutile de préciser expérimentalement sous quelles conditions les étincelles électriques étaient susceptibles d'enflammer les mélanges gazeux combustibles. A cet effet, nous avons soumis un certain nombre d'entre eux, se présentant dans les conditions optima de combustibilité, à l'action d'étincelles émanant d'une source électrique dont nous pouvions faire varier la capacité.

Les atmosphères gazeuses combustibles que nous avons utilisées furent obtenues en mélangeant à plusieurs hydrocarbures saturés gazeux : propane, butane, pentane, préparés à l'état pur, des proportions d'oxygène exactement nécessaires à en assurer la combustion complète, d'après l'équation

$$C^nH^{2n+2}+\frac{3n+1}{2}O^2=nCO^2+(n+1)H^2O.$$

Ces essais démontrent donc que toute étincelle produite par une source ne possédant pas de capacité appréciable, par exemple par des fragments de tissu de soie, ou de caoutchouc frottés en présence de liquides isolants inflammables, est incapable de provoquer leur inflammation car, l'énergie potentielle de l'étincelle étant $1/2CV^2$, sa valeur ne peut devenir suffisante à vaincre, le long du trajet de l'étincelle, les résistances passives qui s'opposent à la combustion de mélanges gazeux, qu'autant que la capacité C possédera elle-même une valeur suffisante à le permettre.

En résumé, nous estimons que les seules étincelles électriques, susceptibles de provoquer l'inflammation de mélanges de vapeurs combustibles et d'air, sont celles que produisent des appareils industriels, tels que : transformateurs, machines, bobines, canalisations mal isolées, etc.; mais que celles que provoque le frottement de corps isolés (par exemple celui de courroies en fonctionnement) doivent être considérées comme inoffensives, parce que ne libérant pas une quantité d'énergie appréciable [1].

---

[1] Dans la dernière catégorie des étincelles inoffensives, nous ne classerons pas celles qui prennent naissance à la surface des cylindres métalliques utilisés à la fabrication des films à base d'éthers de cellulose, au moment où la pellicule du film se détache de ces cylindres, car, dans ce cas, les cylindres métalliques introduisent une capacité considérable, à la faveur de laquelle l'étincelle peut acquérir une valeur $1/2\,CV^2$ importante.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence des phosphates basiques.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Louis Cloutier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'un de nous (¹) a montré que la précipitation méthodique du phosphate tricalcique en présence d'un excès de chaux pouvait, au bout d'un temps très long, donner naissance à une matière ayant une basicité voisine de celle du phosphate tétracalcique. Ce corps se présente dans nos expériences comme un composé d'adsorption du phosphate tricalcique, dont la composition dépend de la concentration de la liqueur de chaux avec laquelle il est en équilibre

L'existence dans ce cas d'un composé basique défini est loin d'être prouvée. Il en est de même du composé décrit sous le nom d'hydroxyapatite.

Nous avons voulu examiner si, en employant la technique décrite dans une Note récente (²), on obtenait, dans la précipitation des phosphates métalliques, des composés définis basiques.

Nous avons réalisé le mélange instantané de solutions métalliques avec des solutions équimoléculaires de phosphate alcalin contenant une quantité variable d'alcali en fonction de laquelle nous avons mesuré la composition du précipité obtenu.

Plusieurs cas sont à distinguer suivant que le précipité de l'oxyde du métal considéré est soluble ou non dans un excès d'alcali. Si nous appliquons la méthode ci-dessus à un mélange équimoléculaire d'acide phosphorique et de nitrate de plomb de concentration $N \times 0,025$, nous obtenons les résultats décrits dans le tableau ci-dessous :

Titre des solutions. Rapport $\frac{Na^2O}{P^2O^5}$.	Rapport moléculaire $\frac{PbO}{P^2O^5}$ dans le précipité.
0	3,00
1	3,00
3	3,04
5	3,01
7	3,00
10	3,50

(¹) P. Jolibois et J. Maze-Sencier, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 36.
(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 795.

Au delà, dissolution du précipité.

Ceci nous montre qu'il ne se précipite pas de phosphate basique même en solution contenant un excès très notable d'alcali libre.

Des résultats analogues sont obtenus en changeant dans le mélange précipitant le rapport PbO/P^2O^5; nous avons fait des expériences dans lesquelles cette proportion était égale à 5 et nous avons seulement constaté dans les mélanges très riches en soude libre que la basicité du précipité augmentait régulièrement avec la teneur en soude sans jamais présenter une constance qui pouvait faire croire à l'existence d'un corps défini.

Les résultats obtenus dans la précipitation de solutions équimoléculaires ($N \times 0,025$) de sulfate de cuivre et d'acide phosphorique sont consignés dans le tableau suivant :

Titre des solutions. Rapport Na^2O/P^2O^5.	Rapport CuO/P^2O^5 dans le précipité.
1	pas de précipité
2	3
3	4,3
4	7,7
5	11,6
6	20
10	pas de P^2O^5

On voit donc que le précipité défini ne se forme que dans des solutions d'une basicité inférieure à celle du phosphate disodique. Lorsque la basicité augmente dans les liqueurs précipitantes, le rapport CuO/P^2O^5 varie linéairement dans les précipités.

Il en résulte qu'aucun composé basique n'apparaît dans ces conditions et que les précipités obtenus doivent être considérés comme des mélanges en proportion variable de phosphate trimétallique de cuivre et d'hydroxyde de cuivre. Pour les hautes teneurs en alcali, il y a déplacement de l'acide phosphorique et formation d'hydroxyde de cuivre.

Dans le cas de la précipitation du phosphate ferrique le composé qui apparaît est le sel correspondant au rapport $Fe^2O^3/P^2O^5 = 1$, lorsque la basicité du phosphate alcalin employé dans la réaction correspond au mono ou au bimétallique. Dans une zone de basicité qui comprend le sel trimétallique, le phosphate ferrique se met en solution colloïdale et ne peut être séparé.

Lorsque la précipitation se fait au moyen d'un phosphate alcalin dans lequel le rapport Na^2O/P^2O^5 dépasse 5, l'acide phosphorique est déplacé et le précipité est constitué uniquement par de l'oxyde ferrique.

Dans aucun cas, il n'apparaît de composé défini basique.

On voit d'après ces trois exemples que l'existence dans des cas très différents de phosphates basiques obtenus par précipitation est très improbable.

Nous avons généralisé ce résultat en étudiant la précipitation des phosphates d'aluminium, de zinc, d'argent, de manganèse, de chrome et d'uranium.

Bien que l'on ait décrit la formation dans de telles réactions de nombreux précipités basiques définis, l'application de notre méthode ne nous a jamais donné que des phosphates tribasiques comme composés définis de basicité maxima. Les substances de basicité supérieure obtenues se comportent comme des mélanges de phosphates trimétalliques et d'oxydes.

On peut donc dire que, d'une manière générale, l'existence des phosphates basiques obtenus par voie humide est aléatoire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le triacétate du glycogène.* Note de M. **W. S. Reich**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le problème de la transformation des polyholosides élevés en leurs esters et la récupération de ces polyholosides par saponification n'est pas encore résolu. Il résulte des nombreux travaux [1] effectués dans cette direction que les corps régénérés n'ont pas toutes les propriétés physiques (effet Tyndall) et chimiques (vitesses d'hydrolyse) des corps initiaux. On ne peut donc pas se servir de ces esters pour en conclure directement la constitution des polyholosides qui s'y trouvent engagés.

Dans un travail récent [2] j'ai déjà montré que le phosphore n'entre pas dans la constitution du glycogène.

Poursuivant les recherches, j'ai été amené à élaborer une méthode d'estérification (acétylation) telle que le glycogène récupéré à partir de cet ester par saponification ait *toutes* les propriétés physiques et chimiques du glycogène initial.

Pour arriver à ce résultat il a fallu :

1° Que l'estérification soit faite dans un milieu totalement exempt d'eau et d'acide libre.

---

(1) W. Haworth, Hirst et I. Webb, *Journ. Chem. Soc. London*, **132**, 1929, p. 2479; Pringsheim et Lassmann, *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, **55**, 1922, p. 1409.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2141.

2° En présence d'acétate de sodium comme catalyseur.

3° Que la saponification soit effectuée à 0°, dans un milieu ne renfermant que la plus petite quantité d'eau possible.

Technique. — 3g de glycogène bien desséché sont chauffés avec 45g de pyridine (1) pendant 12 heures, entre 60 et 70°. On ajoute ensuite 15cm³ d'anhydride acétique (2) et, comme catalyseur, 0g,1 d'acétate de sodium sec, puis on laisse la réaction se poursuivre pendant 70 heures à 60°.

On refroidit la solution obtenue à 0° et l'on précipite l'acétate de glycogène avec un mélange d'alcool absolu et d'éther absolu. On centrifuge, on lave avec un mélange d'alcool et d'éther et, finalement, avec de l'eau.

Pour purifier le précipité, on le dissout dans le chloroforme et l'on précipite par l'alcool.

Le triacétate de glycogène ainsi obtenu est une poudre blanche, amorphe, hygroscopique, qui, dans la pyridine, a un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D^{21°} = +160°,4$.

Dosage du groupement acétyle : trouvé 62,8 pour 100, calculé 62,5 pour 100.

Pour la saponification du triacétate de glycogène on le traite pendant 24 heures à 0°, avec une solution de KOH $n/2$ dans l'alcool absolu.

Ensuite on neutralise, à —20°, l'excès de KOH avec une solution $n/2$ d'acide acétique dans l'alcool absolu. On centrifuge, on lave le précipité plusieurs fois avec l'alcool absolu et l'on sèche dans le vide à température ordinaire. Pour purifier le produit, on le dissout dans l'eau, puis on le précipite avec de l'alcool. On répète cette opération plusieurs fois, on redissout dans l'eau et l'on électrodyalise la solution. Finalement, on précipite le glycogène purifié par l'alcool.

Le glycogène ainsi obtenu est absolument identique au glycogène initial. Je l'ai vérifié :

1° Par l'absence totale de pouvoir réducteur;

2° Par la coloration brune caractéristique avec l'iode;

3° Par le pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D^{21°} = +207°,4$ (eau) [glycogène initial $[\alpha]_D^{21°} = 206°,9$ (eau)];

4° J'ai constaté que la solution aqueuse est colloïdale, et donne dans l'eau l'effet Tyndall avec la même intensité que le glycogène initial;

---

(1) La pyridine, après avoir été fractionnée dans le vide, sur KOH solide, était traitée par 5 pour 100 de son poids de CO^3K^2 séché à 140°.

(2) L'anhydride acétique a été fractionné dans le vide sur l'acétate de sodium séché à 140°. On ajoute ensuite, à 0°, 5 pour 100 de CO^3K^2 sec pour neutraliser l'acide acétique présent.

5°. Enfin, la vitesse d'hydrolyse par la maltase est la même que celle du glycogène initial (mesures polarimétriques).

L'acétylation a été effectuée sur trois préparations de glycogène du foie : l'une complètement dépourvue de phosphore, d'après la méthode que j'ai publiée dans le travail déjà cité, et deux autres qui contenaient 0,52 pour 100 et 0,12 pour 100 de phosphore.

Le glycogène récupéré des esters obtenus à partir de ces deux dernières substances ne contenait plus que 0,145 pour 100 et 0,045 pour 100 de phosphore.

De ce fait il résulte qu'on peut purifier le glycogène en passant par les dérivés acétylés.

Des travaux en cours montrent que cette méthode d'acétylation est applicable à d'autres polyholosides.

GÉOLOGIE. — *Le Pliocène marin du Maroc. Essai d'histoire de l'Atlantique marocain.* Note de M. **Jacques Bourcart**.

On peut reconnaître, au Maroc, les deux termes habituels du Pliocène : un Pliocène ancien, uniquement connu encore sous forme de sédiments marins, et un Pliocène récent (Calabrien), fluvial.

Le Pliocène ancien se présente sous trois facies : 1° des boues jaunes ou roses avec une abondante faune de Pectinidés : *Pecten jacobæus* (inconnu dans la faune quaternaire), *P. planomedius, P. Planariæ, P. grandiformis, P. reghiensis, Flabellipecten Bosniaskii, F. Gentili, Chlamys opercularis, C. scabrellus* et de nombreuses Huîtres : *Ostrea edulis* et ses variétés notamment *O. lamellosa* (très abondante avec *F. Bosniaskii* dans le Sud), *O. sacellus* passant à *O. cucullata;* 2° des craies jaunes à *Lissochlamys excisa, Amussium cristatum,* etc.; 3° des argiles bleues à Gastéropodes de type plaisancien (Tétouan, El Ksar el Kébir).

La faune est identique à celle du Pliocène algérien et très voisine de celle du Piémont. La principale différence est la persistance curieuse au Maroc des Crassostracées et l'existence, dans le Sud, d'un Échinide du genre *Rotuloïdea*.

En revanche, la faune tranche nettement sur celle du Vindobonien supérieur par l'arrivée d'une quantité d'espèces nouvelles et se distingue aussi facilement des faunes quaternaires qui ne sont plus méditerranéennes, mais atlantiques.

Au point de vue tectonique et paléogéographique, mêmes différences entre Miocène et Pliocène : celui-ci est presque toujours discordant sur celui-là. Au Pliocène correspond une relâche de l'activité orogénique qui s'était exercée pendant tout le Miocène avec un paroxysme au Pontien. Un nouveau cycle sédimentaire commence qui se terminera par les dépôts de cailloutis calabriens.

Nous avons vu (1) que la sédimentation miocène s'était faite suivant trois zones concentriques qui sont de l'intérieur à l'extérieur de l'arc rifain : 1° une zone où le Miocène manque, sauf l'Helvétien supérieur qui est transgressif; 2° une zone où le Burdigalien est concordant avec l'Aquitanien marin et l'Oligocène du type piémontais; 3° une zone extérieure où le Burdigalien, puis le *schlier*, sont transgressifs sur un Aquitanien continental. Ces zones paraissent se boucler avec celles que Haug avait figurées en Andalousie.

Au contraire, le littoral pliocène est très analogue comme tracé au littoral actuel, croisant tous les plis rifains; mais la mer prononçait de grandes rias (baies méditerranéennes de Gibraltar, de Tétouan) ou des golfés profonds.

On peut ainsi reconstituer le littoral atlantique : il partait du Cap Spartel pour longer les Béni Hozmar, les Ahl Sérif et le Sarsar, passait par le pied ouest du Djebel d'Ouezzan, Aïn Defali, Petitjean, la région d'El Kanséra et le Pont du Beth. De là, on le suit au pied du Tafoudeït, de Maziz à Marchand, puis par Boucheron, le long du pied de la falaise crétacée de Ben Ahmed à Settat, Bou Laouane (2) jusqu'aux Djebilets. Il contourne ensuite largement le Djebel Hadid et les derniers plis du Haut Atlas, où il prononce des golfes profonds comme celui de Tamanar, et atteint enfin le Cap R'ir et Agadir où il disparaît. La séparation du Maroc et des Canaries est déjà entièrement achevée à cette époque.

Le Pliocène supérieur n'existe que par taches dans la région du R'arb et des Zemmours. Ce sont des amas de galets ou de sables rouges qui ne contiennent que des ossements de Cétacés. Les galets sont en général formés par un quartzite rouge qui paraît provenir du Tafoudeït. Ces cailloutis dessinent trois amas principaux : le premier se trouve entre Larache

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 666, 710 et 736.

(2) Ce gisement, qui contient en fait *Pecten planomedius*, *P. Planariæ*, *P. grandiformis*, était cité comme miocène par le Dr Russo. Le gisement miocène le plus au Sud se trouve à Casablanca.

et Souk-el-Arbà; un chapelet d'autres gisements tapisse le fond du golfe du R'arb, au Djebel Mzefroun, à Aïn Defali, entre Sébou et Ouerr'a, près de Petitjean, Dar bel Hamri et El Kanséra; le troisième forme la grande forêt de la Mamora. On peut imaginer qu'ils sont les restes du grand delta d'un fleuve venant des Zemmours.

Ces formations correspondent certainement à une reprise de l'érosion, due probablement à une nouvelle période d'activité orogénique qui se poursuivra pendant le Quaternaire suivant des directions orthogonales à celles du Pliocène. Des cailloutis analogues et probablement de même âge existent dans la province de Cadix.

La Méditerranée pliocène communiquait, comme l'a montré Louis Gentil, très largement avec l'Atlantique par l'ennoyage de Gibraltar. Il est probable que cette communication s'est fermée au Pliocène supérieur.

Quant au détroit actuel, qui paraît dû à un système de failles disjonctives, il est peut-être très récent.

En effet, les grès littoraux et dunaires à *Elephas antiquus*, *Hippopotamus amphibius*, *Rhinoceros* et outilage préchelléen ou chelléen qui se poursuivent tout du long de la côte de l'Atlantique marocain, s'arrêtent brusquement au Cap Spartel et ne se continuent pas sur les côtes du détroit. Mais ils réapparaissent à Tarifa (Isla de las Palomas), au Cap Trafalgar et en de nombreux points du littoral de la Province de Cadix, formant notamment l'île sur laquelle est bâtie cette ville. Ces lambeaux posent un problème important au point de vue biogéographique. Ils donneraient peut-être l'explication de l'extraordinaire ressemblance des faunes et des flores marocaines et andalouses.

GÉOLOGIE. — *Contributions à l'étude géologique des environs d'Oran* (*Algérie*). Note [1] de M. **P. Geoffroy**, présentée par M. de Launay.

Des problèmes géologiques identiques à ceux que nous avons essayé de résoudre dans le Moyen Chélif se posent aux environs d'Oran. En particulier, nous nous proposons d'établir l'âge probable d'un ensemble de couches identique à la série du Doui et qui affleure largement aux environs d'Oran (Montagne des Lions, Cap Falcon, Cap Lindlès).

Deux complexes stratigraphiques forment le substratum de la région qui

[1] Séance du 13 juin 1932.

nous occupe. Le premier, que pour simplifier notre exposé nous appellerons complexe de Santa Cruz, renferme les termes suivants entre lesquels *la continuité de sédimentation est toujours parfaite :*

1° Des schistes, datés d'âge barrémien; 2° des schistes, avec quartzites, attribués par continuité, au Néocomien, dont l'épaisseur dépasse 500m; 3° des schistes à nouveau, où la présence de Callovo-oxfordien est décelée par celle de *Posidonia alpina;* 4° à différents niveaux, des calcaires sans fossiles classées dans le Lias.

L'interprétation stratigraphique est étroitement liée en Oranie, comme dans le Moyen Chélif, à la détermination de l'âge de ces calcaires.

Si l'on se borne à l'examen des faits, on constate l'existence de deux niveaux calcaires, au moins.

Un premier niveau de calcaires massifs, dolomitiques et sans fossiles, recouvre *toujours* les schistes et quartzites néocomiens qui, eux-mêmes, recouvrent *normalement* les schistes jurassiques. Le passage des calcaires massifs, classés dans le Lias moyen, aux schistes crétacés sous-jacents, se fait d'une *manière continue* par l'intermédiaire de schistes calcareux, classés dans le Lias supérieur (voir le Djebel-Santon, dominant Mers-el-Kébir).

Le deuxième niveau, représenté aux sources de Bou-Sfer, est constitué par des lentilles de calcaires et marno-calcaires interstratifiées dans la partie supérieure des schistes callovo-oxfordiens.

L'attribution au Lias de tous les niveaux calcaires de la région d'Oran conduit à admettre un renversement complet du Lias avec encapuchonnement du Crétacé inférieur et, simultanément, une intrusion du Lias dans les schistes jurassiques, ceci en l'absence de contacts anormaux et tandis que le Crétacé inférieur et le Callovo-oxfordien sont, l'un par rapport à l'autre, en situation normale.

En un mot, on aboutit à l'hypothèse d'une nappe sélective intéressant les seuls calcaires liasiques (?). Une telle conclusion suffit à faire rejeter les prémisses.

En fait, le complexe de Santa Cruz forme une *série compréhensive* dans laquelle il est malaisé de faire des coupures, mais où sont représentés le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur. Deux niveaux calcaires s'intercalent dans la série schisto-gréseuse : l'un au sommet du Néocomien, l'autre au sommet du Jurassique. Ceci n'exclut nullement l'existence, en profondeur, de calcaires authentiquement liasiques.

Le deuxième complexe stratigraphique, que nous appellerons complexe de la Montagne des Lions, renferme les termes suivants :

1° Des schistes, datés d'âge barrémien;

2° Un ensemble de couches identiques à la « série du Doui », où l'on peut, comme dans le Moyen Chélif, distinguer trois termes : *a*. des schistes se chargeant de quartzites vers la base (épaisseur maximum 500^m); *b*. des quartzites et poudingues à éléments siliceux (épaisseur 20-50^m); *c*. des schistes et quartzites de couleur pourpre ou violacée (épaisseur supérieure à 500^m).

La continuité entre le terme *a* et les schistes barrémiens est parfaite comme on peut le constater, par exemple, sur le flanc nord de la Montagne des Lions. Aussi a-t-on classé dans le Néocomien ce terme qui, d'ailleurs, présente, avec le Néocomien défini dans le « complexe de Santa Cruz », une étroite analogie de faciès et de situation.

Les termes *b* et *c* sont attribués au Permien. Stratigraphiquement, la base de ce complexe n'est pas connue. Nous ne pouvons tenir compte de l'affleurement exigu, dans l'îlot des Rats, d'un terme inférieur au terme *c*, terme dont l'âge primaire est déduit de l'âge permien présumé des couches surincombantes. On a distingué, dans la région du cap Lindlès, des lambeaux d'une formation schisto-gréseuse, sans fossiles, avec traces charbonneuses ([1]), classée dans le Houiller, mais qui, en fait, *recouvrent toujours* les termes *b* et *c*.

Les relations des termes *b* et *c* avec les couches indubitablement surincombantes sont particulièrement instructives. On observe, *dans tous les affleurements*, qu'il y a *continuité parfaite de sédimentation entre les termes a et b comme entre les termes b et c*, et, par suite, aucune discordance entre le Crétacé inférieur et le Permien (?).

Des formations calcaires, attribuées au Lias, reposent, aux caps Falcon et Lindlès, sur les termes *b* et *c*, mais *toujours par l'intermédiaire du terme a*. Ce niveau calcaire, sans fossiles, est identique à celui que, par l'étude du premier complexe, nous avons placé au sommet du Néocomien.

Ainsi le complexe de la Montagne des Lions et le complexe du Santa Cruz forment deux séries compréhensives équivalentes dans leurs termes supérieurs. On n'hésite pas, sur le terrain, à aller plus loin et *à faire des couches attribuées au Permien, l'équivalent latéral des couches jurassiques du complexe de Santa Cruz*.

Ainsi se révèle, dans le Moyen Chélif comme aux environs d'Oran,

---

([1]) De petites lentilles d'anthracite, ayant donné lieu à des recherches, existent également dans les schistes barrémiens situés au nord de la Montagne des Lions.

l'existence de bassins d'effondrement qui vers la fin du Jurassique et le début du Crétacé, s'emplissaient d'une épaisseur énorme de sédiments, localement riches en horizons détritiques.

BOTANIQUE. — *L'acide cyanhydrique chez le* Glyceria aquatica *Wahlb.* (G. spectabilis *M. et K.*) Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. L. Mangin.

Le *Glyceria aquatica* Wahlb., qui est vivace et peut atteindre 1-2 mètres, est assez commun au bord des eaux, dans presque toute la France. Si, actuellement, d'autres Graminées appartenant aux genres *Stypa*, *Gynerium*, *Melica*, *Briza*, *Holcus*, etc. sont également mentionnées comme productrices d'acide cyanhydrique, le *Glyceria aquatica* Wahlb. fut la première et, pendant longtemps, la seule espèce de cette famille chez laquelle ce principe fut connu.

Examinée, en 1884, à l'époque de la floraison, la plante fournissait à A. Jorissen (1) une eau distillée contenant une proportion relativement très forte d'acide cyanhydrique. L'auteur s'étant borné à cette seule indication, nous avons cru intéressant de reprendre la question en déterminant la teneur en acide cyanhydrique dans les différents organes de cette Graminée, aux diverses périodes de son développement.

Récoltées vers la mi-avril, en plusieurs points des rives de la Marne, les premières feuilles, atteignant 15-20^{cm}, ont fourni jusqu'à 1^{g},053 d'acide cyanhydrique par kilogramme. A la même époque, la souche rampante en contenait plus de 0^{g},20 et l'on notait jusqu'à 0^{g},162 dans les fines racines adventives.

Au cours de la végétation, le glucoside cyanogénétique diminue dans les feuilles, d'une façon sensible. A la fin de mai, la proportion d'acide cyanhydrique ne dépasse plus 0^{g},60 par kilogramme, pour s'abaisser davantage encore durant le mois de juin. Mais il y a lieu de remarquer qu'à cette époque, c'est l'inflorescence, panicule très ample, qui offre la teneur la plus élevée en acide cyanhydrique. Ses épillets, non encore fleuris, réduits pour ainsi dire à leurs glumes et à leurs glumelles, peuvent donner jusqu'à 0^{g},66 d'acide cyanhydrique par kilogramme, alors que les feuilles qui les

(1) *Bull. Ac. roy. Sciences, Lettres et Beaux-Arts Belg.*, 3e série, 8, 1884, p. 256.

accompagnent n'en fournissent que 0g,348. La teneur dans les feuilles descend-elle à 0g,10 que celle des épillets peut encore atteindre 0g,3024.

De nouvelles pousses, examinées en septembre, ont donné 0g,35 d'acide cyanhydrique.

A l'exception du fruit (1), tous les organes du *Glyceria aquatica* Wahlb. renferment donc de l'acide cyanhydrique, les jeunes feuilles et l'inflorescence fournissent la proportion la plus élevée de ce principe. Cette proportion pouvant dépasser un gramme, par kilogramme, au début d'avril, dans la première période du développement des feuilles, le *Glyceria aquatica* Wahlb. semble bien devoir être considéré actuellement comme la plus riche de nos plantes indigènes en composé cyanique. Aussi nous proposons-nous de tenter, à la saison prochaine, l'extraction du glucoside cyanogénétique de cette Graminée.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le déterminisme de la formation des sporanges et des zygospores chez le* Sporodinia grandis. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

A part le curieux cas exceptionnel que j'ai signalé dernièrement (2), où le *Sporodinia grandis*, sans doute pour une cause biologique que j'ai attribuée à une vie trop longue sur un milieu artificiel, paraît avoir perdu sa sexualité, cette Mucorinée, cultivée sur des fragments de végétaux charnus, tels que la Carotte, le Navet, la Betterave, la Pomme de terre (qui lui est, cependant, peu favorable), donne, à la fois, des *sporanges* et des œufs ou *zygospores* (3), les premiers succédant, parfois, un peu aux seconds, mais pouvant aussi, cas rare, les précéder ou, cas fréquent, les accompagner plus

(1) D'après L. Guignard (*Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 1193), la graine de *Glyceria aquatica* est dépourvue de glucoside cyanogénétique.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 299. Depuis l'origine de ce travail (environ deux ans), j'ai continué à repiquer, toutes les semaines, la culture indiquée sur carotte stérilisée et, jamais, elle ne m'a donné de zygospores, ce qui me fait penser que, véritablement, sa race a perdu, à jamais, sa sexualité. Malheureusement depuis, par suite d'une absence du laboratoire pendant trois mois, cette culture est morte (la vie du *Sporodinia* n'est guère que de deux mois).

(3) Rappelons à ce propos que, chez le *Sporodinia grandis*, les gamètes mâles et les gamètes femelles se forment sur *le même thalle* et qu'il n'y a pas lieu, par suite, de considérer, chez lui, des faits d'homothallie ou d'hétérothallie.

ou moins tardivement. Il peut être intéressant de se demander (question qui, d'ailleurs, s'applique à toutes les autres Mucorinées) pourquoi, en certains points, il se forme des sporanges (multiplication asexuée), alors qu'en d'autres, du même milieu nutritif, il y a apparition de zygospores (reproduction sexuée), mais, dans ces cultures, faites, suivant l'usage, en tubes à essai bouchés par un tampon d'ouate, les conditions sont beaucoup trop variées d'un point à un autre et, même d'un tube à un autre, pour que l'on puisse en tirer des conclusions précises.

Pour tourner la difficulté et l'aborder dans un autre sens, j'ai procédé à des cultures du même Champignon dans des conditions variées de manière à chercher à en obtenir de deux sortes : les unes ne donnant que des sporanges et les autres que des zygospores. Pour que, dans les résultats, on ne puisse incriminer les variations chimiques du milieu, j'ai pris, comme point de départ, des fragments de carottes ou du jus de carottes et, après de nombreux essais, je suis arrivé, comme on va le voir, à des résultats très nets, que l'on peut résumer ainsi :

1° Sur jus de carottes tel quel ou additionné de gélose à 1, 2, 3 ou 4 pour 100, on n'obtient que des *sporanges* (en abandance et rapidement), quels que soient l'éclairement et la température [1].

2° Sur fragments de carottes en grande partie desséchés (aseptiquement, bien entendu) et ne plongeant pas, à leur base, dans de l'eau [2], on n'obtient que des *zygospores*.

Il est donc possible, comme on le voit, sans trop de difficulté, de séparer les deux modes de multiplication du *Sporodinia*, pris comme exemple de ce qui se passe, en général, chez les Mucorinées, groupe où le phénomène a déjà, d'ailleurs, été étudié par divers chercheurs (de Bary, Bainier, Falk,

---

[1] Je note accessoirement qu'il en est de même pour des solutions gélosées de saccharose à un taux quelconque.

[2] Pratiquement, on opère de la façon suivante. On prépare, suivant la méthode classique, avec des fragments de carottes fraîches, des tubes bouchés d'ouate, puis après les avoir stérilisés à l'autoclave, on fait écouler, aseptiquement, le liquide superflu et l'on remet en place le tampon de coton. Les tubes sont, ensuite, abandonnés à eux-mêmes pendant un, deux ou trois mois environ, temps qui permet à la carotte de se dessécher lentement. Quant à la vue, on estime la dessiccation sur le point d'être achevée (si l'on attendait un peu plus, le fragment, trop desséché, deviendrait incultivable ou ne donnerait qu'un mycélium malingre et stérile), on ensemence avec du *Sporodinia* et l'on attend que la culture donne des résultats, ce qui est assez lent et demande une quinzaine de jours.

Klebs, Van Tieghem, etc.) qui ont, suivant leurs constatations — souvent un peu sujettes à caution — ou leurs idées *a priori*, attribué la formation des zygospores à la présence abondante ou à l'absence partielle d'oxygène, à la valeur nutritive du milieu ou à sa concentration moléculaire, etc.

D'après mes expériences relatées ci-dessus, il semble bien résulter que le facteur dominant, en la circonstance, est d'ordre physique et doit être l'*humidité*, laquelle, suffisamment abordante, favorise la formation des *sporanges*, et, par contre, suffisamment réduite, favorise celles des *zygospores*. On peut, par ailleurs, démontrer qu'il s'agit là, exclusivement, de l'humidité *du milieu nutritif* et non de celle *de l'air ambiant*. En eflet, en cultivant, sur carottes à demi desséchées, mais placées dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, on n'obtient encore que des zygospores et jamais de sporanges, même pendant de longues semaines d'observation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques observations concernant la structure physique du cytoplasme d'un champignon hémiascomycète, l'*Ascoïdea rubescens *Brefeld*. Note de M. **Pierre Gavaudan**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'étude des phénomènes d'instabilité cytoplasmique et de l'évolution du vacuome dans l'*Ascoïdea rubescens* abordée précédemment par nous avec la collaboration de M. B. Varitchak [1] nous a amené à faire de nouvelles observations sur cet excellent matériel aux hyphes riches en cytoplasme.

Qu'il s'agisse d'articles où le vacuome est très fluide, ou d'articles où il est au contraire de consistance plus épaisse, puisque rempli de glycogène, le cytoplasme d'*Ascoïdea rubescens* apparaît comme hétérogène dès l'examen microscopique normal et constitué de la somme d'une foule de particules très petites, de forme indéfinissable puisque situées aux limites extrêmes de la visibilité en éclairage ordinaire. Ces granules sont dans un état d'agitation constante, et leur mouvement brownien peut être comparé au vol tourbillonnant d'un essaim de moustiques car les trajectoires que l'œil peut rarement saisir sont de grande amplitude. Lorsque l'on observe la limite du cytoplasme et de la vacuole, toujours bien définie, on a la nette impression que les fluctuations des parois vacuo-cytoplasmiques sont en relation avec

(1) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 79, 1932, p. 87-91, pl. IV, et p. 177-182, pl. V.

ce mouvement incessant des particules accompagné de petits courants toujours locaux, car il n'y a pas dans l'*Ascoïdea* de mouvements d'ensemble du cytoplasme. Nous avons pu nous assurer même au moyen de l'éclairage direct que l'aspect « fourmillant » était bien dû à la présence de particules appartenant au cytoplasme et non à la vacuole. Une simple coloration vitale ne permet pas d'avoir le moindre doute à ce sujet : en effet, le cytoplasme se rétractant, les vacuoles se délimitent très exactement sous l'influence des colorants vitaux, et même du rouge neutre.

Ce phénomène, déjà étudié par nous, est dû à l'excitabilité du cytoplasme par les agents chimiques et non au déséquilibre physique que provoque la coloration vitale.

L'examen au fond noir a été pratiqué à l'aide du petit appareil mobile de Leitz qui s'adapte sur la platine du microscope, et d'une lampe de Leitz puissante à condensateur à ballon. Examens à l'objectif à immersion 1/12, et oculaire n° 6 (Stiassnie).

A titre d'observations témoins, nous avons examiné au fond noir : 1° des flagellés, *Monas* sp.; 2° les cellules de deux hépatiques, *Metzgeria furcata* et *Radula complanata;* les cellules épidermiques des écailles du bulbe d'*Allium cepa*, matériel type étudié en détail par Guilliermond. Dans les *Monas*, seules les inclusions lipoïdiques étaient visibles. Les cellules de *Metzgeria furcata* étaient à peu près optiquement vides; on n'y distinguait que très vaguement le contour des chloroplastes. Le cas de *Radula complanata* était particulièrement intéressant, car les cellules adultes au protoplasme d'un vide optique parfait renferment une énorme inclusion dite corps oléiforme, constituée d'une solution colloïdale de tannoïdes et de globules d'essence [P. Dombray [1]]. Le corps oléiforme s'éclaire vivement sur le fond noir en donnant l'effet Tyndall. Les cellules épidermiques des écailles du bulbe d'*Allium cepa*, examinées au fond noir, nous ont donné des aspects en tous points semblables à ceux décrits par Guilliermond avec un cytoplasme optiquement vide.

Dans *Ascoïdea rubescens* nous avons observé : 1° que noyaux et vacuoles sont optiquement vides; 2° que le cytoplasme donne le bleu Tyndall et est constellé de myriades de granules et paillettes lumineuses en mouvement brownien; 3° que les chondriosomes sont invisibles à l'inverse des liposomes.

---

(1) *Contribution à l'étude des corps oléiformes des hépatiques des environs de Nancy* (*Thèse*, Paris, 1926, p. 29).

L'effet Tyndall n'est pas dû à une altération du cytoplasme pour quatre raisons : 1° l'examen est réalisé dans le milieu de culture additionné d'eau de fontaine, or une longue pratique du matériel nous a montré dans ces conditions l'extrême résistance des hyphes d'*Ascoïdea* dont des préparations entre lame et lamelle ont pu être conservées vivantes durant 24 heures en renouvelant le liquide. 2° L'écrasement violent, l'action des fixateurs sous l'ultramicroscope amènent des changements radicaux dans l'allure des articles dont le contenu devient cristallin et prend l'aspect dit des nébuleuses résolubles de Mayer et Schæffer (¹). 3° On peut suivre à l'ultramicroscope dans l'*Ascoïdea* les mouvements de déformation des vacuoles obscures sous l'influence de l'agitation du cytoplasme lumineux et la formation de trabécules mobiles qui témoignent de la vitalité cellulaire. 4° Enfin l'on peut réaliser sous l'ultramicroscope une coloration vitale au rouge neutre tout à fait typique; le cytoplasme est donc vivant. Les recherches de Mayer et Schæffer, Fauré-Fremiet (²), Lapicque (³), Guilliermond (⁴) ont indiqué que les cytoplasmes étudiés par ces savants étaient optiquement vides et avaient la constitution d'un hydrogel fluide. Nos observations ne prétendent pas à un caractère de généralité, mais permettent cependant de conclure qu'il peut y avoir des cytoplasmes de différentes structures, les uns à l'état de gel, comme nous l'avons vérifié sur différents matériaux, les autres à l'état de sol, comme c'est le cas de l'*Ascoïdea rubescens*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations cytologiques sur l'*Ustilago hordei (*Pers.*) *Kell. et Sw.* Note de Mlle **Dzung Tsing Wang**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Plusieurs auteurs ont signalé la formation des chlamydospores de l'*Ustilago hordei* en culture sur milieu artificiel. Ainsi Satoris (⁵), étudiant le développement et la physiologie de certaines Ustilaginées, a pu obtenir la formation des chlamydospores de ce champignon et leur germination.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 63, 1907, p. 42; 64, 1908, p. 681.

(²) *La cinétique du développement*, 1925, p. 29 (Les Presses Universitaires, Paris, 1925).

(³) *L'excitabilité et le mouvement chez les plantes et les protozoaires*, p. 6 (Cours de la Faculté des Sciences, Guillon, Paris, 1931-1932).

(⁴) *Rev. gén. Bot.*, 42, 1930, p. 129 et suiv.

(⁵) G. B. Satoris, *Amer. Journ. Bot.*, 11, 1924, p. 617-647.

Rump [1], plus tard est parvenu aux mêmes résultats. Schaffnit [2], étudiant la physiologie de cet *Ustilago*, a aussi obtenu la sporulation en culture artificielle, mais les tentatives pour faire germer ces spores ont échoué. Cependant l'auteur reconnaît la parfaite ressemblance morphologique de ces spores et des chlamydospores formées sur l'orge. Si ces auteurs ont bien déterminé les conditions dans lesquelles ce champignon parasite peut se développer et compléter son cycle évolutif saprophytiquement en culture artificielle, les phénomènes nucléaires qui pourraient leur servir de contrôle ont échappé. Nous exposons dans cette Note nos observations sur le développement du même champignon dans nos cultures et plus particulièrement l'évolution nucléaire.

Pour l'étude de la germination et des premiers stades du développement, les chlamydospores ont été semées dans les cellules Van Tieghem.

Le milieu employé était le moût de bière non houblonné dilué à 2 pour 100. Dans ces conditions, on peut examiner de temps à autre et faire des fixations au moment voulu. Notre fixateur de choix était le liquide de Bouin et le colorant l'hématoxyline ferrique de Heidenhain.

Les chlamydospores germent 4 à 5 heures après l'ensemencement. Le noyau double se divise le plus souvent à l'intérieur de la spore avant la production du promycélium. L'un des deux noyaux-fils reste dans la spore et l'autre passe dans le promycélium au moment de la germination. Quelquefois le noyau double passe dans le jeune promycélium avant d'effectuer la première division. Les deux noyaux-fils se divisent plus ou moins tôt et indépendamment l'un de l'autre.

Hüttig a récemment décrit qu'entre 6° et 10°C., la réduction chromatique se fait indifféremment lors de la première ou de la deuxième division nucléaire et qu'au-dessous et au-dessus de cette limite de température, elle a lieu au moment de la deuxième division. Nos cultures étaient conservées à la température du laboratoire, soit entre 17° et 20°C. D'après nos observations, *la réduction chromatique se réalise toujours lors de la première division du noyau double*. Celui-ci présente au premier stade de division quatre chromosomes qui s'unissent par paire au stade de synapsis donnant deux gros chromosomes bivalents au milieu du fuseau achromatique. Puis ils se divisent et deux chromosomes se dirigent vers chaque pôle. La deuxième division est équationnelle.

---

(1) L. Rump, *Forsch. auf d. G. d. Pflanzenk. u. d. Imm. in Pflanzenr.*, 2, 1926, p. 21-76.

(2) E. Schaffnit, *Ber. deutsch. Bot. Gesellsch.*, 44, 1926, p. 151-156.

Les noyaux se divisent toujours par mitose typique, présentant deux centrosomes aux deux pôles du fuseau achromatique. Le nombre de chromosomes est de deux pour les noyaux haploïdes.

Le promycélium se cloisonne le plus souvent en trois cellules dont la dernière est continue avec la spore. Il arrive parfois qu'une spore donne deux ou trois rameaux promycéliens. Les cellules promycéliennes sont en général uninucléées, rarement binucléées. Nous avons observé la formation des anses d'anastomose au niveau des cloisons du promycélium, mettant en communication les cellules voisines. Il peut se former deux anses aux deux côtés d'une même cloison. Les anses peuvent se développer en filaments et les noyaux des deux cellules anastomosées y émigrent.

Les sporidies se forment près des cloisons et au moment du promycélium. Elles possèdent toujours un seul noyau qui ne se divise qu'au moment de la germination. En germant, les sporidies se multiplient d'abord pendant une courte durée par bourgeonnement et puis se développent en mycéliums plus ou moins ramifiés. Nous avons aussi observé des anastomoses entre les sporidies avec ou sans tube d'anastomose, et le passage du noyau d'une cellule dans l'autre. Mais nous n'avons jamais trouvé de divisions conjuguées.

Afin d'obtenir un développement plus avancé et éventuellement la sporulation du champignon, nous avons fait d'autres cultures dans des tubes à essai sur un milieu solide composé de moût de bière à 5 pour 100 additionné de gélose à 1,5 pour 100. Les premiers stades du développement sont identiques à ceux des cultures en cellules Van Tieghem. Au bout de 10 à 15 jours, le milieu est recouvert d'une couche blanche de mycélium. Les filaments sont très minces et les cellules très longues renfermant un ou plusieurs noyaux sans régularité. Les cultures prennent en vieillissant une teinte d'abord jaunâtre puis brunâtre au bout de trois mois. Les filaments mycéliens se modifient considérablement. Ils se rétrécissent en certains endroits et grossissent en d'autres où le protoplasme s'accumule et où se trouvent aussi les noyaux. Des cloisons se forment séparant les deux sortes d'articles. Les parties rétrécies sont vides. Les articles élargis présentent un ou le plus souvent deux noyaux. Les noyaux des cellules uninucléées peuvent se diviser encore de façon qu'ultérieurement tous les articles élargis contiennent deux noyaux. Ces articles se raccourcissent et s'arrondissent de plus en plus et leur membrane s'épaissit et se double. La morphologie externe de ces cellules est alors déjà celle des chlamydospores naturelles. Seulement elles sont de teinte plus pâle que ces dernières. Le fait le plus important que nous ayons observé, c'est la fusion des deux

noyaux dans chaque cellule. Étant le siège de la fusion dangeardienne, action sexuelle proprement dite, ces cellules doivent être considérées comme équivalentes des chlamydospores naturelles.

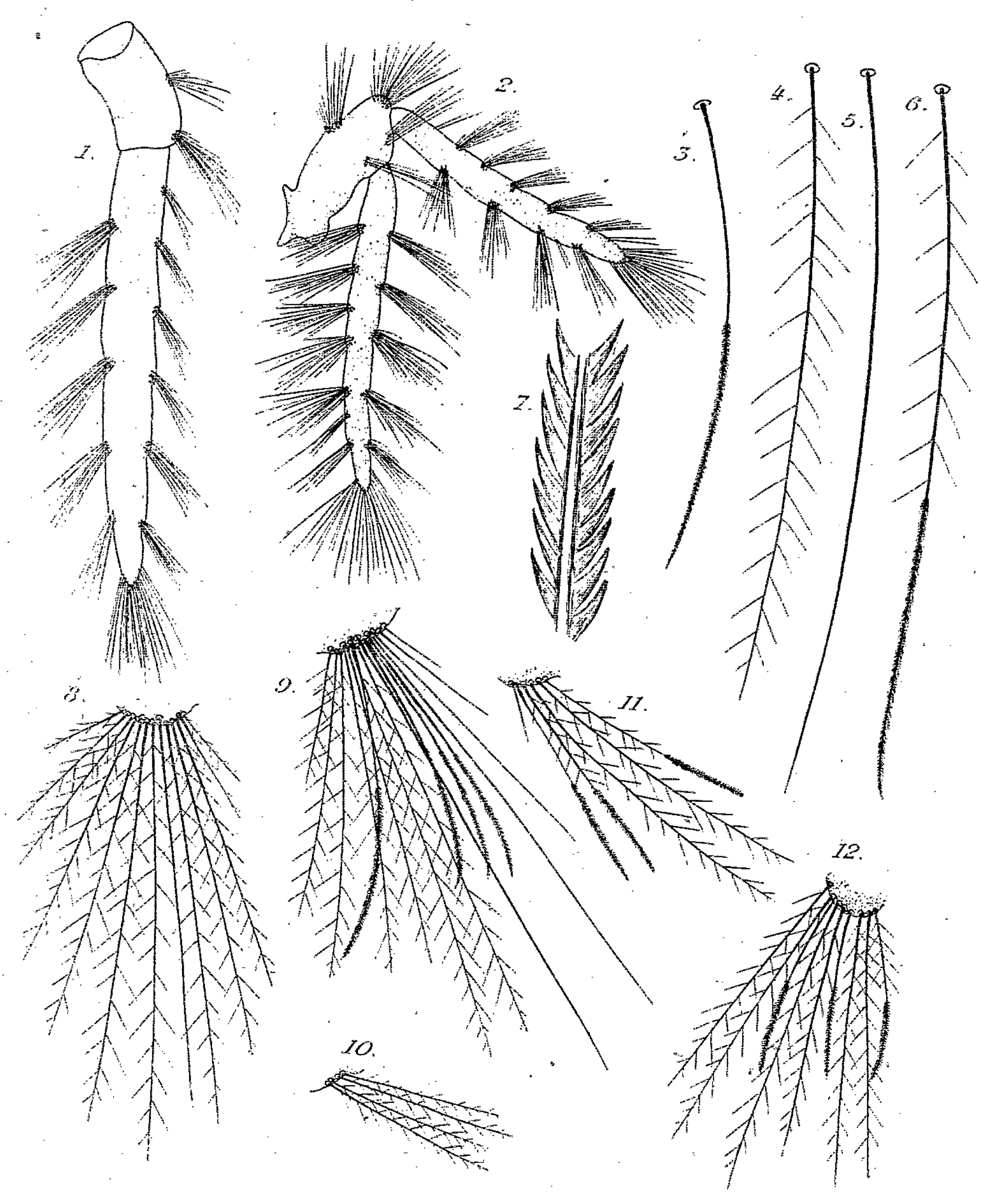
ZOOLOGIE. — *Caractères différenciels de sexes chez les Pagures du genre* Diogenes. Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le *Diogenes pugilator* Roux est un petit Pagure très commun sur nos plages sablonneuses; on peut l'y récolter en abondance au bord de l'eau pendant que la mer descend; dès qu'elle remonte il se terre et se comporte de même en aquarium, ne sortant de sa cachette qu'attiré par le voisinage d'une proie. Les mâles sont notablement plus grands et beaucoup plus nombreux que les femelles.

Un examen sommaire suffit à faire distinguer les deux sexes : les pléopodes des segments 2 à 4 sont uniramés chez le mâle (*fig.* 1) et biramés chez la femelle (*fig.* 2). Simples ou doubles, ces rames sont de forme à peu près semblable et garnies sur leurs deux bords de bouquets de soies divergentes qui paraissent à première vue très analogues dans les deux sexes. Mais si l'on y regarde de plus près, on constate que, chez les mâles, toutes les soies sont invariablement d'un même type : ce sont des soies plumeuses à barbules rares et espacées (*fig.* 4, 8). Les femelles présentent au contraire à la fois un certain nombre de soies du type précédent et d'autres soies de deux types tout différents, les unes simples, longues, capillaires (*fig.* 5); les autres, généralement plus courtes et plus arquées (*fig.* 3), ont leur moitié distale hérissée de barbelures courtes et serrées, réalisant l'aspect d'une double scie (*fig.* 7). Le mélange de ces diverses catégories de soies (*fig.* 9) est essentiellement variable suivant les individus et d'un bouquet à l'autre sur le même appendice.

Les deux derniers types de soies (*fig.* 3 et 5) sont véritablement caractéristiques de la femelle; les soies plumeuses (*fig.* 4) peuvent être considérées au contraire moins comme mâles que comme somatiques : le pléopode du cinquième segment, identiquement uniramé dans les deux sexes, ne porte que des soies de ce type, et ce sont elles aussi qui constituent d'une manière uniforme les villosités de diverses régions du corps.

Les très jeunes femelles ne portent tout d'abord à leurs pléopodes 2 à 4 que des soies plumeuses (*fig.* 10); elles passent ensuite peu à peu au type d'ornementation femelle (*fig.* 11), par apparition en nombre croissant de soies capillaires ou serratiformes. On observe souvent, au cours de ces



Diogenes pugilator : Fig. 1. Second pléopode ♂. — Fig. 2. Second pléopode femelle. — Fig. 3. Soie serratiforme. — Fig. 4. Soie plumeuse. — Fig. 5. Soie capillaire. — Fig. 6. Soie intermédiaire. — Fig. 7. Détail de la soie 3. — Fig. 8. Bouquet de soies ♂. — Fig. 9. Bouquet de soies ♀. — Fig. 10. Bouquet de soies; très jeune ♀. — Fig. 11. Bouquet de soies; jeune ♀. — Fig. 12. Bouquet de soies; ♂ parasite.

stades évolutifs, des soies de type intermédiaire (*fig.* 6), à la fois plumeuses à la base et denticulées sur leur moitié distale. Les femelles adultes sont généralement dépourvues de ces soies. Nous retrouvons donc ici ce fait, dont j'ai déjà donné plusieurs exemples chez divers Crustacés Décapodes : la femelle jeune présente certains caractères analogues à ceux du mâle et n'acquiert que secondairement, par une transformation de puberté, certains détails, attributs définitifs de son sexe.

Les *Diogenes* sont fréquemment infestés par un Rhizocéphale de la famille des Peltogastrides, le *Septosaccus Cuenoti* Duboscq. Contrairement aux faits de perversion dans le sens femelle décrits chez les *Eupagurus* mâles porteurs de *Peltogaster*, les mâles de *Diogenes* parasités ne paraissent présenter à première vue aucune modification. Mais l'examen attentif des bouquets de soies plumeuses ornant leurs pléopodes 2 à 4 permet d'y découvrir sporadiquement quelques soies de type femelle ou de type intermédiaire (*fig.* 12). Le nombre de ces soies est sujet à de multiples variations individuelles. Chez un mâle, porteur cependant de deux *Septosaccus*, il n'y avait, en tout et pour tout, qu'une seule soie de type femelle au seul pléopode du second segment. L'intersexualité parasitaire se réduit ici à un minimum.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les modifications des protéides sériques isolés par la méthode à l'acétone et la myxoprotéine.* Note de M. **André Bonot**, présentée par M. Roux.

Nous avons pu mettre en évidence au cours de recherches sur les protéides sériques les deux faits suivants :

1° La méthode à l'acétone de Piettre et Vila, développée depuis par Piettre, n'est pas applicable sans modifications lorsqu'on veut conserver aux protéides l'intégrité de leurs propriétés physico-chimiques.

2° La fraction protéidique isolée et succinctement étudiée par Piettre, Achard, Arcand, sous le nom de myxoprotéine n'est pas, à notre avis, une fraction homogène et définie de protéides.

I. Trois solutions de protéides totaux ont été comparées au sérum même (chien) qui a servi à les préparer. Ces solutions ont été faites à partir de poudres obtenues de façons différentes que l'on a dispersées dans l'eau en réalisant un volume double de celui du sérum primitif. Dans tous les cas, solvants et précipités ont été maintenus à 0° durant les opérations.

La solution 1 provient d'un précipité acétonique de sérum filtré sur un entonnoir

de Büchner, lavé plusieurs fois à l'acétone et à l'éther, puis privé d'éther par succion à l'aide du vide. La solution 2 est celle d'un précipité acétonique centrifugé 30 secondes à petite vitesse, remis en suspension dans l'acétone-éther, centrifugé à nouveau, puis lavé à l'éther et séché comme ci-dessus. Enfin la solution 3 diffère de 2 en ce qu'on a évité toute condensation d'humidité sur le précipité qui a été finalement séché dans le vide sulfurique pour éliminer les dernières traces de solvants.

Les trois solutions et le sérum témoin sont conservés à 0° sous toluène. Après des temps variables, des quantités *correspondantes* diluées à cinq fois le volume initial sont précipitées selon la technique de Piettre par addition de HCl N/10 ou par saturation au CO^2 (pH voisin de 5,5).

Sans vieillissement à 0°, le sérum et la solution 3 fournissent ainsi des globulines presque complètement soluble dans NaCl M/10. Les solutions 1 et 2 donnent des précipités beaucoup plus abondants qui ne se dissolvent que partiellement dans NaCl M/10. Une partie des protéïdes de ces deux solutions a donc subi des transformations du fait des conditions de préparation.

Pendant le séjour à 0°, les propriétés du sérum et de la solution 3 ne changent pas. Au contraire, dans les solutions 1 et 2, la viscosité et la quantité de protéides précipitables par saturation au CO^2 diminuent progressivement. Tout se passe comme si une fraction des protéides de ces deux solutions avait subi au cours de la préparation des transformations partiellement réversibles à 0°. Les variations de la viscosité font penser à des processus réversibles d'association intéressant les particules protéiques en cause. D'autre part, une partie importante des protéides précipitables par CO^2 est modifiée irréversiblement et reste après évolution à 0° insoluble dans NaCl M/10. Cette partie a donc perdu définitivement l'intégrité de ses propriétés physico-chimiques initiales.

Séjour à 0° 1 jour.	Protéides précipitables par CO^2 pour 1^l sérum.	Solution 1. Durée de séjour à 0°.	Solution 1. Protéides pré-cipitables par CO^2.	Solution 1. Viscosité à 33°,3 (dynes/cm¹).	Solution 2. Durée de séjour à 0°.	Solution 2. Protéides pré-cipitables par CO^2.	Solution 2. Viscosité à 33°,3 (dynes/cm²).
	g	jours			jours		
Sérum.....	6,2	1	30,8	0,01415	1	14,7	0,01265
Solution 3..	8,0	7	22,5	–	21	11,2	0,0119
Solution 2...	14,7	17	20,6	–	40	11	0,01195
Solution 1...	30,8	49	20	0,0115	–	–	–
	–	69	20,6	0,0114	–	–	–

II. Selon la méthode de Piettre, par précipitations acétoniques successives, suivies de reprises des protéides précipités par l'eau, on obtient à partir du filtrat des globulines plusieurs fractions de myxoprotéine.

Nous avons dissous dans l'eau additionnée de soude N/10 les fractions successives (1, 2, 3, 4) de myxoprotéine obtenues à partir des solutions 1 et 3 fraîchement préparées. Les solutions ont été conservées à 0°. Une diminution très nette des quantités de protéides précipitables s'est produite lorsque ces solutions ont vieilli. Ce phénomène cesse au bout de quelques jours et témoigne de modifications réversibles des protéides étudiés. D'autre part les premières fractions de myxoprotéine ont une teneur en soufre voisine de celle des euglobulines qui constituent la fraction précipitable par HCl N/10 de la solution 3. Les dernières fractions, toujours peu abondantes, de myxoprotéine ont une teneur en soufre plus proche de celle de la sérum-albumine.

La quantité de myxoprotéine obtenue à partir de la solution 3 est beaucoup plus grande que celle fournie par la solution 1, mais la somme précipité chlorhydrique + myxoprotéine, rapportée à des volumes égaux des deux solutions est sensiblement la même. Ce fait s'explique par l'entraînement dans le précipité chlorhydrique de la solution 1 de pseudo-globulines modifiées par le traitement à l'acétone; on retrouve au contraire ces protéides dans la myxoprotéine de la solution 3.

Tout conduit donc à penser que la myxoprotéine est un mélange de globulines riches en pseudo-globulines ayant conservé leurs propriétés à peu près intactes, et de protéides nettement modifiés; les dernières fractions pouvant provenir d'une dénaturation de la sérum-albumine. L'existence de deux zones dans la floculation de la myxoprotéine par $AlCl^3$ et $ThCl^4$, mise récemment en évidence par Achard et Ho-Dac-An, confirme nos conclusions.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 14 novembre 1932.)

Note de MM. *J. Cantacuzène* et *A. Tchakirian*, Sur la présence de vanadium chez certains Tuniciers :

Page 846, ligne 2 du titre de la Note, *au lieu de* TCHEKIRIAN, *lire* TCHAKIRIAN.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **A. Mesnager** est élu Vice-Président pour l'année 1933 par 55 suffrages contre 3 à M. *E. Goursat* et 1 à M. *J. Hadamard*.

M. **Ch. Lallemand**, par 37 suffrages contre 1 à M. *H. Deslandres*; M. **E.-L. Bouvier**, par 38 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

Il y a 2 bulletins nuls.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 2 décembre 1932, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Aymar de La Baume Pluvinel** pour occuper dans la Section d'Astronomie la place vacante par le décès de M. *G. Bigourdan*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **F. Mott**, professeur de l'Université de Cambridge (Angleterre), qui assiste à la séance.

PÉTROGRAPHIE. — *Les manières d'être de la glauconie en milieu calcaire.* Note de M. L. CAYEUX.

L'opinion s'est accréditée depuis longtemps que les organismes, et plus particulièrement les Foraminifères, jouent un rôle capital dans la formation de la glauconie. Ehrenberg (1855), Pourtalès (1872), M. W. J. Sollas (1872-1876) etc. ont signalé, les premiers, la concentration de la glauconie dans les loges de Foraminifères. Dans leur étude des sédiments dragués par le *Challenger*, J. Murray et A.-F. Renard ont formulé la conclusion que toutes les probabilités sont en faveur de la genèse du minéral dans des coquilles, en présence de la matière organique, jouant un rôle d'attraction. Ces auteurs tiennent pour certain que toutes les transitions existent entre le produit de remplissage des cavités organiques et les grains qui ont perdu l'empreinte des coquilles, dans lesquelles ils ont pris naissance. Sur ce point essentiel, les avis sont partagés. Les uns, comme les auteurs précités, estiment que tel est bien le processus de formation des grains, et les autres admettent, avec C. W. Gümbel, qu'une partie seulement des éléments glauconieux s'en réclament.

L'analyse d'un grand nombre de craies et de calcaires glauconieux permet de verser aux débats des documents appelés, semble-t-il, à modifier la conception de la genèse de la glauconie en milieu calcaire.

Les craies cénomaniennes du bassin de Paris, qui comptent parmi les plus riches en glauconie que l'on connaisse, mettent en présence dans les coupes minces une foule de grains de glauconie et des Foraminifères. Or pas un seul grain n'évoque dans sa morphologie les caractères de ces organismes. De surcroît, les Foraminifères, représentés par centaines dans chaque coupe des craies les moins glauconieuses, ne sont que, par exception, envahis par la glauconie, et encore le sont-ils dans une portion seulement des loges. De termes de transition entre des moules glauconieux et les grains mêmes, il n'y en a pas un seul.

Reste la question des échancrures, souvent profondes, qui accidentent la surface de beaucoup de grains, et dans lesquelles on a vu des empreintes laissées par les organismes générateurs. D'autant plus développées que les éléments sont plus gros, ces échancrures représentent, croyons-nous, des fissures de retrait, engendrées dans une matière en voie de contraction. La réduction de volume des grains est l'évidence même, lorsqu'ils sont dépourvus de toute espèce d'adhérence dans les cavités qu'ils occupent.

Il résulte de ces brèves indications que les craies glauconieuses analysées se comportent autrement que les sédiments actuels au point de vue des manières d'être de la glauconie. D'un côté, la totalité du minéral, à de très rares exceptions près, est indépendante des Foraminifères; de l'autre, son existence est étroitement liée à celle de ces organismes.

Dans le domaine des calcaires glauconieux, albiens, cénomaniens, lutétiens, etc., le contraste est encore plus tranché. Des calcaires grossiers glauconieux, d'âge lutétien, de Conflans-Sainte-Honorine (Seine-et-Oise), renferment des organismes très variés, notamment des restes de Mollusques, d'Échinodermes, de Foraminifères et d'Algues, tous plus ou moins envahis par la glauconie.

De nombreux représentants de Mollusques ont été minéralisés, de telle façon que la microstructure s'en trouve soulignée dans tous ses détails, aussi bien par des teintes de polychroïsme que par des couleurs de biréfringence. S'agit-il de la couche prismatique des Lamellibranches, un polychroïsme des plus sensibles fait ressortir des prismes, alternativement colorés en vert foncé et en jaune pâle. Entre les nicols croisés, on voit un système de prismes s'éteindre, alors que l'autre présente son maximum de biréfringence, l'ensemble rappelant de façon très fidèle la structure des feldspaths tricliniques, caractérisés par des bandes polysynthétiques très régulières. Et chose intéressante pour l'étude des propriétés optiques du minéral, encore imparfaitement connues, chaque prisme s'éteint d'un seul coup.

Des restes d'Échinodermes, en proportion élevée, sont minéralisés dans de telles conditions que la substitution en grand de la glauconie au carbonate de chaux fait ressortir, avec beaucoup plus de netteté que dans les formes vivantes, la structure réticulée des éléments, examinés entre les nicols croisés.

Le cas des Foraminifères est particulièrement instructif. Dans ce milieu où les Mollusques, les Bryozoaires, les Échinodermes, les Mélobésies, etc. sont plus ou moins épigénisés, de très nombreuses coquilles de Foraminifères ne contiennent pas la plus petite trace de glauconie. Celles qui font exception réalisent une manière d'être absolument aberrante. Chez beaucoup d'individus le minéral s'est fixé dans le test même, si bien qu'on peut observer des coquilles entièrement verdies, sans que la glauconie empiète, tant sur la gangue, que sur les produits de remplissage des loges. Le plus souvent le phénomène de substitution n'est pas limité à la coquille, et la glauconie envahit peu à peu l'intérieur, en se substituant au carbonate de

chaux qui remplit les loges. Les stades qui se rapprochent de la minéralisation intégrale ne manquent pas. Dans l'espèce, le développement de la glauconie dans les Foraminifères se fait par voie endogène, et, d'un bout à l'autre, il relève des phénomènes d'épigénie.

Si l'on envisage l'ensemble des calcaires glauconieux étudiés, on peut dire que la glauconie qui s'y développe, souvent à forte dose, est, dans sa totalité, un produit de substitution à du carbonate de chaux, organique ou non. En ce qui concerne les Foraminifères, ils jouent un rôle manifestement nul ou insignifiant, en tant qu'organismes fixateurs de glauconie, bien qu'ils ne manquent jamais, et que leur degré de fréquence soit parfois très élevé. Mieux que cela, il est des calcaires dans lesquels les Foraminifères sont les seuls organismes dépourvus de glauconie.

Si les faits relatifs à la glauconie des sédiments calcaires en voie de dépôt ont été correctement interprétés, la genèse de ce minéral, en milieu calcaire, comporte deux processus foncièrement distincts, l'un, se réclamant des phénomènes d'épigénie, et l'autre, impliquant une précipitation directe. Mais l'existence de Foraminifères anciens, renfermant dans leurs loges de la glauconie épigénique, nous oblige à poser cette question : Les moules glauconieux, tels qu'ils sont connus dans les Foraminifères des sédiments modernes et anciens, ne sont-ils pas, eux aussi, des produits de substitution, et la dualité de formation de la glauconie, en milieu calcaire, n'est-elle pas plutôt une apparence qu'une réalité? Dans l'affirmative, la formation de la glauconie dans le domaine considéré est peut-être le résultat d'une réaction dont le carbonate de chaux est un élément essentiel. En tout état de cause, les phénomènes de substitution observés, à grande échelle, ouvrent un chapitre nouveau dans l'histoire de la glauconie.

En faisant hommage à l'Académie du Dixième élément paru (Tome Septième) de sa *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, M. **Paul Helbronner** s'exprime en ces termes :

Avec ce Tome Septième consacré aux réseaux que j'ai constitués en Haute-Maurienne, achève de se combler la lacune que, par suite de circonstances techniques, j'avais dû laisser se créer au milieu de la suite rationnelle de la présentation de mes résultats. Ceux-ci proviennent pour ce Tome Septième surtout des campagnes effectuées sur le terrain de 1908 à 1911. Désormais du Tome Premier au Tome Neuvième inclus, en y comprenant l'Annexe du Tome Second, spécial à une iconographie en couleurs du mont Blanc, il ne

se présente plus aucune solution de continuité : géographiquement toute la région comprise entre le Sud du Léman et le Nord de la vallée de la Romanche, à l'Est des plaines du Rhône et à l'Ouest de la frontière franco-italienne est ainsi mise à jour en ce qui concerne le détail des triangulations dont la trame fondamentale est entièrement publiée jusqu'au détroit de Bonifacio, tandis qu'un arc de méridien de 37 degrés calculé du Nord de la Norvège jusqu'au Sahara, l'enchâsse dans sa partie moyenne.

Il restera à donner les trois Volumes X, XI et XII et l'Annexe du Tome X comprenant le tour d'horizon en couleurs du sommet du Pelvoux. Le premier de ces quatre éléments qui, vraisemblablement, sera le plus volumineux des quatorze constituant la totalité de l'œuvre, décrira les massifs du Champsaur, du Dévoluy, des Écrins et du Pelvoux. J'espère pouvoir le présenter d'ici un an et demi. Le suivant (XI) portera sur les massifs encaissants des bassins du Guil et de l'Ubaye; et le dernier (XII) sur ceux des Alpes Maritimes en se terminant probablement par plusieurs tables générales. Si la chance continue à me favoriser, tout cet ensemble doit être achevé avant la fin de 1936.

Dès à présent, environ cinq mille tours d'horizon géodésiques compensés, sont ainsi publiés, dont une grande partie des résultats a été communiqués, au fur et à mesure de leurs besoins, à des services publics et aussi à des travailleurs isolés, attelés à des problèmes d'ordre scientifique ou simplement touristiques. Ces tours d'horizon, qui sont contenus dans environ 6000 pages de texte in-4°, donnent les valeurs des coordonnées géographiques (latitude et longitude au millième de seconde d'arc) de leur centre et celle de leur altitude (au décimètre), ainsi que les valeurs de plus de 55000 longueurs de côtés (en centimètres et à la sixième décimale logarithmique) et de plus de 110000 directions azimutales (à la seconde centésimale).

162 panoramas photographiques de sommets, reproduits par la simili-gravure, illustrent actuellement cette documentation mathématique et reproduisent des tours d'horizon complets à une échelle constante, en général sur plus de 2^{m} de développement. Une vingtaine de cartes, à l'échelle du 50000e, permettent de situer les positions déterminées. Différents schémas à des échelles variées éclairent, d'autre part, des enchaînements calculés par compensations analytiques. Enfin une quarantaine de planches, placées surtout dans le Tome IX, relatif à la Corse, donnent des reproductions de signaux et d'instruments ou des vues d'ensemble qui, sans avoir l'ampleur des grands panoramas de sommets, ont justifié leur présentation par leurs particularités scientifiques, par leur aspect artistique ou par l'intérêt des silhouettes des crêtes qui y sont figurées.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Suppression expérimentale de la reproduction sexuée chez un Hématozoaire* Theileria dispar. Note de MM. **Edm. Sergent, A. Donatien, L. Parrot, F. Lestoquard.**

Comme nos recherches antérieures l'ont montré, le piroplasme de la theilériose bovine nord-africaine, *Theileria dispar*, est transmis, dans la nature, par la tique *Hyalomma mauritanicum*. Celle-ci s'infecte au stade de larve-nymphe sur des bovins porteurs de germes et contamine, au stade adulte, les bovins neufs ([1]). Passé l'accès aigu de première invasion, les bovins restent infectants pour les tiques pendant de longs mois ([2]). D'autre part, au laboratoire, on peut transmettre directement la theilériose de bovin malade à bovin indemne par la simple inoculation de sang ([3]). Cette transmission artificielle s'obtient régulièrement lorsque le sang est prélevé au moment de l'accès aigu et l'on peut la répéter indéfiniment. C'est ainsi qu'une souche de virus theilérique, la souche Kouba, que nous conservons, depuis plus de six ans, par passages directs de bovin à bovin (122 passages), ne présente actuellement aucun signe de sénescence : la durée moyenne de l'incubation et de l'accès aigu, et l'intensité de cet accès sont restées les mêmes qu'aux premiers passages.

Cependant, l'hématozoaire ainsi transmis par inoculation de sang a subi une modification biologique importante : il a perdu la capacité d'infecter les tiques.

La preuve de ce fait est apportée par les 22 expériences suivantes, effectuées avec cinq souches de virus. Les résultats sont les mêmes, que le virus provienne des bovins du premier passage réalisé par inoculation de sang (4 souches, 9 expériences), ou de bovins infectés avec une souche (souche Kouba) isolée à l'état pur depuis plus de six ans et conservée depuis lors par inoculation de sang (13 expériences).

On place, sur des veaux infectés par ces souches de *Theileria*, des larves de *H. mauritanicum* de façon qu'elles se gorgent de sang à des moments différents de l'infection bovine : avant et pendant l'accès aigu (2 expériences), aussitôt après la fin de l'accès (13 expériences), trois semaines

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 259, et 192, 1931, p. 253.

([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 393; *Archives Institut Pasteur d'Algérie*, 9, 1931, p. 588. Au moins pendant 27 mois (août 1932).

([3]) *Ann. Inst. Pasteur*, 38, 1924, p. 49; *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, 2, 1924, p. 91.

après l'accès (4 expériences), six semaines après l'accès (1 expérience), 9 semaines après l'accès (2 expériences). Lorsque ces tiques, au nombre de plus de 1400, sont devenues adultes, on soumet à leurs piqûres 22 veaux neufs (de la race d'Aubrac, récemment importés de France).

Ces 22 veaux restent indemnes. Or on sait qu'il suffit de quelques tiques nourries, dans les mêmes conditions techniques, à l'état de larves, sur des bovins atteints de theilériose naturelle, pour donner la maladie (toujours mortelle quand il s'agit de veaux d'Aubrac).

Avant de tirer de ces 22 expériences la conclusion qu'elles comportent, et pour écarter toute cause d'erreur, nous avons vérifié que les veaux restés apparemment indemnes après la piqûre des tiques n'avaient pas contracté une infection latente d'emblée, sans accès thermique ni parasitaire. A cette fin, deux de ces veaux ont reçu, quelques mois plus tard, 60 larves de *H. mauritanicum*. Après la mue, les adultes provenant de ces larves ont été placés sur deux veaux neufs. *Ceux-ci n'ont pas contracté la theilériose.* Les veaux qui avaient nourri les larves n'étaient donc pas en état d'infection latente.

Au surplus, les 22 veaux d'expérience, soumis plus tard à des inoculations de sang virulent ou à la piqûre de tiques infectées, se sont montrés aussi sensibles que des veaux neufs.

On peut rapprocher de ces faits certaines observations concernant des trypanosomes. Bouet et Roubaud constatent en 1910, au Dahomey, que des trypanosomes gardés dans des laboratoires de Paris ne se développent plus chez les tsé-tsés. En 1928, H. L. Duke corrobore le fait pour des trypanosomes de l'Afrique orientale et suit même la disparition graduelle de ce pouvoir de développement dans l'organisme des glossines.

Au contraire, une souche de *Plasmodium relictum* des oiseaux, parasite zoologiquement plus voisin des piroplasmes, conservée par Étienne Sergent et A. Catanei, au laboratoire depuis 30 ans (plus de 200 passages), par inoculation de sang de canari à canari, continue à infecter régulièrement les *Culex*.

Outre la modification physiologique, les souches de *Theileria dispar*, qui se perpétuent dans l'organisme de bovins successifs, subissent un changement remarquable d'ordre morphologique. Elles cessent de produire, vers la fin de l'accès aigu de theilériose provoquée, les petites formes parasitaires intraglobulaires (en anneau, en bâtonnet ou en virgule) qui apparaissent toujours, dans le sang circulant, après l'accès de theilériose naturelle, et auxquelles R. Gonder, étudiant *Theileria parva* de l'Afrique

noire, a attribué le rôle d'éléments sexués, de gamétocytes, et ne se présentent plus que sous la forme de « corps en grenade » (génération agamogène ou schizogonique) que l'on trouve seulement dans les ganglions et dans le tissu réticulo-endothélial des organes profonds.

Cette modification d'ordre morphologique n'apparaît qu'après plusieurs passages par inoculation de sang, tandis que la modification biologique s'opère dès le premier passage.

En résumé, chez un Hématozoaire *Theileria dispar*, qui, par le moyen artificiel de la transfusion du sang, se perpétue par multiplication schizogonique, la sexualité disparaît. La conséquence pratique de la disparition de la reproduction sexuée de *Theileria dispar*, c'est qu'un virus bénin de theilériose, prélevé sur un bovin en accès, peut être employé comme vaccin prémunissant sans créer de porteurs de germes dangereux.

M. C. **Matignon** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *Cinquantenaire. Association des Chimistes de Sucrerie, de Distillerie et Industries Agricoles de France et des Colonies*. 1882-1932.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Culture du Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *André Guillaumin* réunit l'unanimité de 49 suffrages.

Pour la seconde ligne, M. *Robert Franquet* réunit l'unanimité de 44 suffrages.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne .... M. **André Guillaumin**,
En seconde ligne .... M. **Robert Franquet**.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Intersection de deux courbes planes algébriques.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. Mes Notes antérieures (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 578, et 195, 1932, p. 928) signalent qu'il revient au fond au même d'étudier soit la *distribution des points focaux d'une congruence de courbes algébriques,* soit celle des *points de contact d'une courbe algébrique plane avec son enveloppe.* Ce dernier problème est compris dans un autre plus général : *étudier dans quelle mesure les points communs à deux courbes algébriques planes, de degrés égaux ou non, peuvent se confondre.* On remonte ainsi au *théorème du reste de Brill et Noether, au théorème d'Abel et à sa généralisation.*

2. Cherchons deux courbes planes, de degré respectif m et p, ayant un unique point commun comptant pour mp. Si p est le produit des entiers r, s, une solution (C_m, C_r) relative aux entiers m, r fournit une solution *impropre* $[C_m, (C_r)^s]$ relative à m, p. Il y a donc lieu de prendre chaque diviseur de p (1 et p compris) pour avoir une série de problèmes *irréductibles* à traiter. Si $m = p = rs$, la solution impropre donne néanmoins un faisceau $C_{m+\lambda}(C_r)^s = 0$ de courbes *irréductibles toutes, sauf une*, avec m^2 points communs confondus.

3. $m = 3$ est traité aussitôt, quel que soit p, grâce aux fonctions elliptiques. Pour $m = 4$, le problème *irréductible* pour $p = 1, 2, 3$ est immédiat; étudions donc le problème irréductible pour $m = p = 4$. Le théorème d'Abel, non généralisé si le genre de la quartique C_4 étudiée est 3, généralisé si ce genre est 2, 1 ou 0, fournit *trois* relations entre les paramètres fixant sur C_4 les points communs à C_4 et à toute courbe algébrique nouvelle. Si donc les inconnues sont les 14 paramètres dont dépend C_4 et le paramètre complémentaire relatif au point M commun à C_4 et à la nouvelle quartique C'_4, nous avons 3 équations pour 15 inconnues et la résolution effective d'un *tel* système va nous prouver que les systèmes

$$C_4 + \lambda C_1^4 = 0, \qquad C_4 + \lambda C_2^2 = 0, \qquad C_4 + \lambda C'_4 = 0$$

dépendent de 13, 12, 12 paramètres. La réussite montre que l'on peut,

pour m et p quelconques, obtenir d'autres exemples et que le nombre de paramètres restants est conforme aux prévisions.

4. Profitons de la transformation homographique pour ne conserver que les paramètres invariants. Bornons-nous même au type unicursal à point triple $y=x^2 A/x+B/(x-1)$. Le théorème d'Abel (généralisé) donne pour les abscisses ζ_i des points communs à cette quartique C_4 et à une courbe C_p les relations où Π est un produit, Σ une somme,

$$\Pi\xi_i = A^p, \qquad \Pi(\xi_i - 1) = B^p, \qquad \Sigma\left[\xi_i - \frac{A}{\xi_i} - \frac{B}{(\xi_i - 1)}\right] = 2p[1 - A + B].$$

De la sorte, pour une unique intersection, on a

$$\left.\begin{array}{lll} (C_1) & \xi^4 = A, & (\xi-1)^4 = B \\ (C_2) & \xi^8 = A^2, & (\xi-1)^8 = B^2 \\ (C'_4) & \xi^{16} = A^4, & (\xi-1)^{16} = B^4 \end{array}\right\} \quad \xi - \frac{A}{\xi} - \frac{B}{(\xi-1)} = \frac{(1-A+B)}{2}.$$

On a trois équations à trois inconnues, la dernière équation étant la même, les deux premières variant suivant une loi évidente qui continuerait pour $p=8, 16, \ldots$; chaque système contient, comme solutions impropres, celles des précédents. Le premier système se réduit aux deux premières équations qui donnent A, B en fonction de l'arbitraire ξ; le second a pour solutions (ξ, A, B), soit $(1/2, -1/16, -1/16)$, soit $(-1, 1, -16)$, soit $(2, -16, 1)$. Le dernier système, qui nous intéresse plus spécialement, donne des solutions toutes imaginaires, provenant de $\xi^8 = \varepsilon A^2$ et $(\xi-1)^8 = \varepsilon' B^2$, où ε et ε' valent 1 ou -1, la combinaison $(1, 1)$ étant exclue; on trouve en particulier la solution $(1/2, i/16, i/16)$ qui correspond à $\varepsilon = \varepsilon' = -1$. Si donc on considère la courbe C_4

$$y = x^2 - \frac{i}{16}x + \frac{i}{16}(x-1),$$

le point $[1/2, (1-i)/4]$ de cette courbe réuni aux 12 points immédiatement consécutifs détermine un faisceau de courbes $C_4 + \lambda C'_4 = 0$ dont les trois nouveaux points communs sont encore réunis en ce point : ces quartiques, sauf C_4, sont de genre 3. En partant d'un point triple à tangentes distinctes et toutes réelles, nous n'avons eu, pour le problème irréductible, que des solutions *imaginaires;* mais en prenant deux tangentes imaginaires conjuguées, on arrive à un faisceau *réel :* ainsi la courbe

$$y = x^2 + \frac{A}{(x-i)} + \frac{B}{(x+i)}$$

conduit à $\pi(x-i)$, $\pi(x+i)$ et $\Sigma[x - A/2i(x-1) + B/2i(x+i)]$; une solution du problème irréductible est obtenue par une des deux racines réelles de l'équation $\xi^4+6\xi^2+8\xi-3=0$, puis $2A=(\xi-i)^4$, $2B=(\xi+i)^4$.

5. J'ai étudié aux *Annales de l'École Normale* (3e série, 41, 1924, p. 147-264, et 42, 1925, p. 217-291) les cas où le groupe des m^2 points communs à deux courbes de degré m n'a pas une *structure symétrique*, c'est-à-dire contient *un groupe surabondant complet formé de* (m^2-h) *points*. Pour $m=4$, il existe deux tels groupes de 12 points (intersection d'une C_4 et d'une C_3) ou de 13 points (les 3 points complétant le total de 16 étant alignés). Ici pour les 16 points réunis en un seul, le problème réductible (C_4, C_1^4) fournit le groupe surabondant (C_4, C_1^3); le groupe de 13 points serait obtenu si l'unique intersection était point d'inflexion sur toutes les C_4 du faisceau; j'ai constaté qu'en partant d'une C_4 unicursale, on ne peut obtenir un tel groupe; les équations à résoudre sont en même nombre que les inconnues, sont compatibles, mais donnent une solution impropre. Je n'ai pu résoudre la question pour des courbes de genre 3. Mais le groupe surabondant de 13 points confondus en un seul, les trois autres ne se confondant pas avec le précédent, est possible.

6. A signaler encore la forme remarquable de l'équation différentielle d'ordre 14 satisfaite par toutes les C_4 du plan et des résultats inattendus tels que celui-ci : *un point commun à deux* C_4 *peut compter pour* 1, 2, ..., 13, 16, *les nombres* 14 *et* 15 *étant exclus*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un espace quasi euclidien à trois dimensions attaché à l'équation de M. P. Humbert.* Note (1) de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

Définitions. — Étant donnés deux points $M(x, y, z)$, $M'(x', y', z')$, nous appellerons *distance* $\overline{MM'}$ de ces deux points l'expression

$$\sqrt[3]{(x'-x)^3+(y'-y)^3+(z'-z)^3-3(x'-x)(y'-y)(z'-z)}.$$

On a donc la relation

$$\overline{MM'}+\overline{M'M}=0.$$

Étant données deux directions $V(a, b, c)$, $V'(a', b', c')$, nous appellerons

(1) Séance du 28 novembre 1932.

angle (V, V′) de ces deux directions l'ensemble des deux nombres θ, φ définis par les égalités

$$P(\theta, \varphi) = \frac{a(a'^2 - b'c') + b(b'^2 - c'a') + c(c'^2 - a'b')}{\sqrt[3]{a^3 + b^3 + c^3 - 3abc}\sqrt[3]{[a'^3 + b'^3 + c'^3 - 3a'b'c']^2}},$$

$$P(-\theta, -\varphi) = \frac{a'(a^2 - bc) + b'(b^2 - ca) + c'(c^2 - ab)}{\sqrt[3]{a'^3 + b'^3 + c'^3 - 3a'b'c'}\sqrt[3]{[a^3 + b^3 + c^3 - 3abc]^2}}.$$

Nous dirons que les deux directions sont *orthogonales au sens d'Appell* lorsque les expressions $P(\theta, \varphi)$ et $P(-\theta, -\varphi)$ sont simultanément nulles.

Soient (Π) le plan tangent à une surface au point M, (C) le cône

$$ds^3 = dx^3 + dy^3 + dz^3 - 3\,dx\,dy\,dz = 0,$$

ayant ce point pour sommet; nous représenterons par (Γ) et (N) le cône première polaire et la droite seconde polaire du plan (Π) par rapport au cône (C).

Ceci étant posé, nous pouvons énoncer quelques théorèmes.

Théorème I. — *Par un point d'une droite on peut mener deux perpendiculaires à cette droite au sens d'Appell et deux seulement.*

On constitue ainsi un *trièdre d'Appell* (¹).

Théorème II. — *Par un point d'un plan on ne peut mener qu'une droite perpendiculaire au sens d'Appell à deux droites convenablement choisies dans ce plan et passant par son pied.*

Nous appellerons cette droite la *normale d'Appell* au plan.

Théorème III. — *La normale d'Appell en un point* M *d'un plan* (Π) *est la seconde polaire* (N) *du plan* (Π) *par rapport au cône* (C). *L'enveloppe des plans dont les normales d'Appell issues de* M *sont dans le plan* Π *est la première polaire* (Γ) *du plan* (Π) *par rapport au cône* (C).

Théorème IV. — *Les surfaces* X = const., Y = const., Z = const., *où* X, Y, Z *sont solutions du système*

$$\frac{\partial X}{\partial x} = \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{\partial Z}{\partial z},$$
$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial x},$$
$$\frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial Y}{\partial x} = \frac{\partial Z}{\partial y},$$

forment un système triple orthogonal au sens d'Appell (²).

(¹) P. Appell, *Comptes rendus*, 84, 1877, p. 540.
(²) J. Devisme, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1154.

THÉORÈME V. — *L'interprétation géométrique de l'équation de M. P. Humbert s'exprime en disant qu'un champ de tourbillon reste champ de tourbillon quand on lui fait subir une rotation orthogonale au sens d'Appell* (¹).

La démonstration de ces théorèmes, leur application à une théorie des courbes et des surfaces dans l'espace ainsi défini et la généralisation à des espaces relatifs à d'autres équations aux dérivées partielles paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Compléments à une Note précédente sur les systèmes du type parabolique; problèmes aux limites non linéaires.* Note de M. **MAURICE GEVREY**.

1. Complétant notre récente Note (²), nous formerons d'abord les fonctions s_k et χ_k. Ce problème se rattache au choix d'une fonction du point P prenant des valeurs données sur l'hypersurface S, limitée par la multiplicité Σ_y située dans le plan horizontal de P. Or, on démontre que l'intégrale (avec $\mu > 0$)

$$\mathcal{J}_\mu(\psi) = d^\mu \int_{y_1}^{y} (y-\eta)^{-\frac{m+\mu+1}{2}} d\eta \int_{\Sigma_\eta} \exp \frac{-r^2}{4(y-\eta)} \psi \, d\Sigma_\eta$$

[d distance de P à Σ_y, $r^2 = \Sigma(x_i - \xi_i)^2$, ψ fonction continue définie sur S] tend vers $2^{m+\mu-1} \pi^{(m-1)/2} \Gamma(\mu/2) \psi_{P_0}$ quand P tend vers un point P_0 de S. Il suffit pour cela que le champ des normales $\bar{n}$ à Σ_y soit continu et que, si h est la distance horizontale des pieds des distances à Σ_y et $\Sigma_{y'}$ de deux points de D d'ordonnées y et y' situés sur la même verticale, $h|y-y'|^{-1/2}$ tende vers zéro avec $y-y'$.

Dès lors, en posant $s_k = (4\pi)^{-m/2} d[\mathcal{J}_1(\Psi_k'^{1/2})]^{-1}$, toutes les conditions précédemment imposées à s_k seront vérifiées si le champ des $\bar{n}$ est holderien d'exposant α et si $h < A|y-y'|^{(1+\beta)/2}$ avec $0 < \alpha \leqq \beta < 1$. Ceci ne nécessite pas l'existence d'un plan tangent à S, fait déjà rencontré pour l'équation de la chaleur (³).

(¹) J. DEVISME. *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1550.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 690. Dans cette Note, page 691, ligne 7, *au lieu de* Σ_j, *lire* Σ_y; ligne 16, *au lieu de* u_h, *lire* u_k; formule (2), $-b_k$ dans le premier membre et, formule (3), *au lieu de* χ_k, *lire* χ_h. Nous employons ici les *mêmes notations* et nous appelons plans *horizontaux* les plans $y = \text{const.}$ Voir aussi l'intéressante Note de M. GIRAUD, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 98.

(³) On peut aussi, si les dérivées nécessaires à l'existence de $\partial s_k/\partial y$ existent elles-

Soit maintenant $U_k(P, \Pi)$ la *quasi-solution élémentaire*, obtenue en supprimant le dernier crochet de (2), page 691. Posons

$$v_k(P) = \int_{\overline{S}_0} U_k \overline{u}_k \, d\overline{S}_0, \qquad \chi_k(P) = v_k + \int_{y_0}^{y} d\eta \int_{\Sigma_\eta} \frac{\partial V_k}{\partial N_\Pi} (u_k - v_k)_\Pi \, d\Sigma_\eta,$$

$\overline{S}_0$ étant un domaine débordant S_0, $\overline{u}_k$ une fonction coïncidant avec u_k dans $\overline{S}_0$ (1) et Π appartenant à S_0 dans la première intégrale et à Σ_η dans la dernière. La fonction χ_k, dont l'étude se ramène aisément à celle d'une intégrale $\mathcal{J}_1$, est égale à u_k sur $S_0 + S$, et les produits $s_k^{2-\alpha} g_k$ et $(y - y_0)^{1-\alpha/2} g_k$ restent bornés, ce qui permet la résolution de l'équation intégrale relative au *problème de Dirichlet*.

Dans le cas où $\partial u_k / \partial N$ *est donné sur* S pour $y > y_0$, la fonction χ_k a pour expression

$$v_k - \int_{y_0}^{y} d\eta \int_{\Sigma_\eta} V_k^1 \frac{\partial (u_k - v_k)}{\partial N_\Pi} d\Sigma_\eta,$$

V_k^1 étant la *quasi-fonction de Neumann* formée avec le point-image : $\partial \chi_k / \partial N = \partial u_k / \partial N$ sur S pour $y > y_0$ et $\chi_k = u_k$ sur $S_0 + \Sigma_{y_0}$.

2. *Soit maintenant le problème général aux limites, non linéaire* $u_1, \ldots, u_n$ donnés sur S_0 et, en tout point M de S, $u_1, \ldots, u_p$ donnés avec, pour $k > p$ (p pouvant être nul), $\partial u_k / \partial N = F_k(M; u_{p+1}, \ldots, u_n)$. Dans l'équation intégrale envisagée au n° 3 de la page 692, la fonction inconnue a n déterminations dans D, et le noyau résolvant en a n^2, soit $N_k^h(P, \Pi)$ avec $k, h = 1, \ldots, n$. On peut donc écrire

$$\varphi_k(P) = g_k(P) + \int_{D_y} \sum_h N_k^h(P, \Pi) g_h(\Pi) \, d\omega_\Pi, \tag{4}$$

les g_k, formées avec les χ_k, contenant des intégrales relatives à S et portant sur $u_1, \ldots, u_p, \partial u_{p+1} / \partial N, \ldots, \partial u_n / \partial N$. Portons ces φ_k, *pour* $k > p$, dans

$$u_k(P) = \int_{D_y} V_k^1(P, \Pi) \varphi_k(\Pi) \, d\omega_\Pi + \chi_k(P), \tag{5}$$

mêmes, prendre pour fonctions s_k celles que nous avons formées dans le cas elliptique, relatives ici à la multiplicité Σ_y, et qui peuvent d'ailleurs s'écrire sans quadrature si D est défini par $\Phi(P) > 0$ et S par $\Phi(P) = 0$. Notons enfin que les intégrales $\mathcal{J}_\mu$ jouent, pour le domaine D_y, le même rôle que nos intégrales I_μ pour un domaine fixe (*J. Math.*, 9, 1930, p. 55).

(1) Ceci (de même que $y_1 > y_0$) évite les difficultés relatives au cas où P vient sur Σ_{y_0}.

remplaçons $\partial u_k/\partial N$ par F_k et plaçons P sur S : nous obtenons un système de $n-p$ équations intégrales non linéaires où les inconnues sont *les valeurs de* $u_{p+1}, \ldots, u_n$ *sur* S. Ce système se résout par des *approximations successives*, dont la convergence s'établit facilement si les F_k sont lipschitziennes par rapport aux u_k et $y-y_0$ inférieur à une certaine limite. Une fois les u_k calculés sur S, les $\partial u_k/\partial N$ sont connus et *tous les* u_k sont donnés *dans* D par (4), (5) et les équations analogues ([1]).

3. Donnons enfin une autre généralisation de l'ensemble des termes en $\partial^2 u_k/\partial x_i \partial x_j$ et $\partial u_k/\partial y$ dans chaque équation : nous poserons ([2])

$$\Theta_k u = \lim\left[\sum_{ij} a_{ij}^k \frac{u(x_i+\Delta x_i, x_j+\Delta x_j) - u(x_i+\Delta x_i) - u(x_j+\Delta x_j) + u}{\Delta x_i \Delta x_j} + b_k \frac{\Delta u}{\Delta y}\right],$$

les rapports mutuels des infiniment petits Δx_i^2, Δx_j^2, Δy restant bornés : la continuité b_{ki}^k, c_h^k, f_k suffit alors dans tous nos problèmes aux limites.

Les résultats précédents doivent être complétés par des théorèmes *d'unicité*.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la définition de l'unité de valeur.* Note de MM. **Ed.** et **G. Guillaume**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans un Ouvrage récent ([3]), les auteurs ont montré que les grandes difficultés rencontrées jusqu'ici par l'Économique mathématique proviennent du fait que certaines unités, en particulier l'unité de valeur, n'ont jamais reçu une définition convenable, présentant la pureté des définitions du système C. G. S. par exemple. Avec la nouvelle théorie économique de la parité, il est possible de dégrossir le problème et de mettre de l'ordre dans les idées, en introduisant des définitions simples et pratiques.

Rappelons tout d'abord que, dans leur Ouvrage, les auteurs parviennent à cette conclusion qu'une valeur est comparable à ce que les Mécaniciens appellent une puissance. Elle apparaît comme le produit d'un facteur

---

([1]) Une méthode toute semblable peut être appliquée au *même problème* relatif aux *systèmes du type elliptique*, à la condition que le domaine fixe, sur la frontière duquel sont données les conditions aux limites, ait une mesure suffisamment petite.

([2]) Nous n'avons pas écrit, dans les parenthèses, les variables ne subissant pas d'accroissement.

([3]) G. et Ed. Guillaume, *Sur les fondements de l'Économique rationnelle avec une technique de la prévision*, Paris, Gauthier-Villars, éditeur.

d'action par unité de temps (quantité produite par un individu dans l'unité de temps) multiplié par un facteur de capacité (nombre des individus).

Le *prix* apparaît comme un coefficient défini et déterminable qui, multiplié par une quantité de commodité (marchandises, services, etc.) par unité de temps, donne la *valeur* de cette quantité-temps. Par définition, le prix de la commodité prise comme étalon est numériquement égal à 1. Si la masse de la commodité-étalon offerte et la masse de commodité à acquérir ne représentent pas deux valeurs identiques, il en résulte nécessairement un profit, respectivement une perte, pour les parties effectuant l'échange.

Pour mesurer ces disparités, il est nécessaire de bien définir l'unité de valeur. En prenant l'or comme étalon, nous pouvons poser :

L'unité de valeur brute est la valeur produite par un individu qui extrait des mines d'or une unité de masse d'or dans l'unité de temps.

Si l'on prend le gramme comme unité de masse et l'heure comme unité de temps, nous aurons le gramme-or/homme-heure, ou brièvement l'orgrhomheure brut, et, après déduction de l'entretien et de l'amortissement de l'outillage, des impôts et des diverses charges : l'orgrhomheure net, qui définit du même coup la valeur de l'unité de salaire dudit producteur d'or.

Exemples : Mines du Transvaal (60 pour 100 de la production monétaire mondiale). En 1903, la moyenne produite était de 0,35 et, en 1932, de 0,45 orgrhomheure brut. Elle a donc augmenté en 30 ans de 28,5 pour 100, soit de 0,87 pour 100 l'an. Pour le blé, supposé produit à 10^{kg} à l'heure, avec une journée du même nombre d'heures et des frais d'outillage analogues, le prix doit en être de 4,5 grammes-or le quintal pour qu'il y ait parité.

Posons maintenant les deux définitions suivantes :

Unité de ration. — *Quotient de la somme de commodités produites par unité de temps dans le monde, par le nombre d'individus susceptibles de l'acquérir.*

Unité de situation. — *C'est celle d'un individu qui produit un nombre d'unités de valeur égal à celui que lui coûte l'unité de ration dans le lieu et à l'instant où il se trouve.*

D'après ces définitions, si un individu ne produit pas un nombre d'orgrhomheures égal à la « parité-or », il ne pourra plus qu'acquérir une fraction de ration, donc devra augmenter son rendement. Inversement, l'individu qui produit une surabondance d'orgrhomheures va se heurter à la concurrence. Il y a en effet toujours des hommes qui peuvent changer de métier et se mettre à la production faisant prime sur la leur. Il suffit sou-

vent de la migration soit du petit nombre de personnes qui ont entrevu l'avantage, soit d'équipes volantes, pour que le déséquilibre favorable à un haut prix change de signe et renverse la situation. Le choix de l'individu est ainsi resserré entre des limites étroites. Il est dès lors possible à l'Économiste, en déterminant le signe de déséquilibre des différentes productions, de prévoir le mouvement des prix, aux écarts fortuits près, et en déterminant les disparités de situation, de prévoir le sens et la grandeur des migrations qui doivent s'opérer à l'instant de rupture des seuils d'inertie près, tout ceci sans qu'il soit besoin de chiffrer les ophélimités.

Pour qu'il y ait euphorie économique, il faut que tous les individus puissent échanger leur production sans chômage, ni stockage, ni disette. Dans ces conditions, l'homme moyen jouit de l'unité de situation et tous les prix sont voisins de la parité-or. Pour s'approcher de cet équilibre, il faut évidemment constamment combler les disparités naissantes, c'est-à-dire que les migrations d'hommes-heures doivent s'arbitrer rapidement, avec des seuils d'inertie aussi bas que possible. De la sorte, dès qu'une commodité est surabondante, il se produit une migration vers les commodités présentant une disparité plus avantageuse, et l'équilibre est rétabli.

Exemple : En 1907, l'industrie automobile absorbe la main-d'œuvre libérée par l'invention des métiers à multiples broches. Depuis 1930, l'électrophonie absorbe la jeunesse libérée par la rationalisation de l'industrie, etc.

Lorsque la disparité atteint l'ensemble des productions et que la quasi-totalité des prix sont trop bas, tout se passe comme si c'était le pouvoir libératoire de l'or qui est trop élevé. La migration des hommes-heures doit dans ce cas s'effectuer vers le corps de métier produisant ce métal.

Exemple : Migrations cycliques entre les cultures de Mozambique et les Mines d'or du Cap. Actuellement, migrations des chômeurs américains vers les Mines de l'Alaska, mais encore insuffisamment, en raison du prix de la ration, supérieur à la valeur produite dans les « claims » libres.

A noter que la disette d'or se traduit en fait non par de simples restrictions de la consommation, mais par un régime de faillites qui bloquent les échanges et déclenchent une sous-consommation générale. La consommation de l'or nouveau a pu être définie numériquement par les auteurs.

Donc un étalon de valeur doit présenter les qualités suivantes :

a. Production libre et extensible, limitée tout au plus par la loi du rendement décroissant, de façon que l'arbitrage d'hommes-heures puisse constamment rétablir les parités.

b. Nombre d'orgrhomheures par têtes aussi invariable que possible dans l'espace et lentement croissant dans le temps.

Ce sont là des conditions difficiles à réaliser. A tout prendre, l'or est une des commodités qui satisfait le moins mal à ces desiderata.

OPTIQUE. — *Sur la diffraction de la lumière par les ondes élastiques.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons signalé et étudié les principales propriétés optiques des milieux soumis aux ondes élastiques de haute fréquence ([1]). Si les longueurs d'ondes élastiques sont suffisamment petites de tels milieux se comportent comme des réseaux (dont le pas égale la longueur d'onde élastique) et qui permettent d'obtenir des franges de diffraction de différents ordres. D'après une étude ([2]) de L. Brillouin de l'interaction des ondes ultra-sonores et de la lumière, la théorie faisait prévoir l'existence de franges du premier ordre mais non celles d'ordres supérieurs.

Nous avons montré ([3]), à ce sujet, que les hypothèses faites par P. Debye et F. W. Sears ([4]) pour expliquer la multiplicité des franges devaient être rejetées.

Je me propose, dans cette Note, de montrer comment l'existence des spectres des divers ordres peut être établie théoriquement, et comment, dans un certain domaine d'approximation, peut être résolue la question de leur intensité.

Si l'on prend le cas d'ondes ultra-sonores (longueur d'onde Λ) se propageant en ondes planes dans la direction Oz d'un trièdre de référence $Oxyz$, si n_0 est l'indice de réfraction du milieu au repos, si δn est l'amplitude d'indice et h le champ électrique lumineux, la solution du problème exigerait la résolution d'équations du type

$$\Delta h = \left(n_0 + \delta n \cos\frac{2\pi z}{\Lambda}\right)^2 \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 h}{dt^2},$$

c désignant la vitesse de la lumière et t le temps, on considère, dans cette équation, la vitesse des ondes élastiques comme négligeable vis-à-vis de celle de la lumière.

La recherche des solutions de ces équations présentant de grosses diffi-

([1]) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132; 195, 1932, p. 121.
([2]) L. Brillouin, *Ann. de Phys.*, 17, 1922, p. 88.
([3]) R. Lucas et P. Biquard, *J. de Phys. et le Rad.*, 3, 1932, p. 464.
([4]) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 18, 1932, p. 409.

cultés, il est possible d'aborder le problème par une autre voie. Si les rayons lumineux incidents sont parallèles à l'axe Oy on peut obtenir la trajectoire lumineuse $z(y)$ sous la forme suivante ([1]) :

$$t = \frac{\sin\frac{\pi z}{\Lambda}}{\sin\frac{\pi z_i}{\Lambda}} = sn\left(K + y\frac{2\pi}{\Lambda}\sqrt{\frac{\delta n}{n_0}}\right)$$

avec

$$K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - k^2\sin^2\alpha}},$$

et

$$k = \sin\frac{\pi z_i}{\Lambda}.$$

z_i désigne la coordonnée du rayon lumineux considéré au moment où celui-ci pénètre dans le milieu perturbé par l'onde élastique. A partir de l'équation précédente des familles de rayons lumineux il est possible d'avoir les valeurs de l'amplitude lumineuse A et de la phase ψ de l'onde au plan de sortie défini par $y = Y$ lorsque la lumière quitte le milieu perturbé par les ondes élastiques. La connaissance en chaque point du plan de sortie, de l'amplitude et de la phase de la lumière permet d'évaluer les intensités lumineuses des spectres des divers ordres par la méthode de Fresnel.

Le calcul n'est simple que si les divers rayons lumineux qui cheminent dans le milieu perturbé ne se rencontrent pas, c'est-à-dire pour des épaisseurs traversées Y telles que $Y\,2\pi/\Lambda\sqrt{\delta n/n_0} < 1,570$.

On trouve ainsi pour l'amplitude A et la phase ψ les expressions

$$A = A_0\sqrt{\frac{\frac{\cos\pi z/\Lambda}{\cos\pi z_i/\Lambda}}{t + \left(\frac{E}{1-k^2} - K\right)\sqrt{(1-t^2)(1-k^2t^2)}}}$$

et

$$\psi = \frac{2\Lambda}{\lambda}\sqrt{n_0\,\delta n}\,\{2[E(k,\varphi) - E] - [K(k,\varphi) - K]\},$$

en posant

$$E(k,\varphi) = \int_0^{\varphi}\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}\,d\varphi, \qquad K(k,\varphi) = \int_0^{\varphi}\frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}},$$

$$E = E\left(k, \frac{\pi}{2}\right), \qquad K = K\left(k, \frac{\pi}{2}\right), \qquad \sin\varphi = t,$$

([1]) R. Lucas et P. Biquard, *J. de Phys. et le Rad.*, 3, 1932, p. 469.

A_0 désigne l'amplitude lumineuse incidente supposée constante, λ la longueur d'onde lumineuse dans le vide. Les intensités des franges des divers ordres ont des expressions simples en fonction des termes de la série de Fourier représentant les développements de $A \sin\psi$ et $A \cos\psi$. L'étude montre que si la quantité $Y\,2\pi/\Lambda\,\sqrt{\partial n/n_0}$ est petite (de l'ordre de 0,2 par exemple), il ne doit exister pratiquement que les franges de diffraction du premier ordre. Si l'on fait croître cette quantité progressivement, les franges des ordres supérieurs doivent apparaître peu à peu. Ces résultats sont d'accord avec ce que l'on constate lorsqu'on fait l'expérience et qu'on observe l'apparition des franges. Ils montrent également le passage continu du cas où la théorie de L. Brillouin est valable aux autres cas et permettent d'obtenir en valeur numérique l'intensité des franges.

OPTIQUE. — *Sur la réflexion totale des ondes hertziennes.* Note de M. **G.-A. Beauvais**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'on envoie un faisceau de rayons lumineux sur un prisme à réflexion totale, la théorie montre que derrière la face hypoténuse de ce prisme, il existe une onde évanescente dont l'intensité décroît exponentiellement avec la distance à cette face et qui glisse le long du prisme avec une vitesse réduite. Nous avons voulu étudier expérimentalement ce phénomène avec les ondes hertziennes de 18^{cm}, produites suivant le procédé de Pierret [1].

Le prisme en paraffine utilisé a pour base un triangle rectangle isoscèle de 1^m de côté, et il a 1^m de haut. L'indice de la paraffine utilisée est de 1,46 pour les ondes de 18^{cm}. Le faisceau est obtenu au moyen d'un miroir parabolique de révolution de 50^{cm} d'ouverture et de 22^{cm} de distance focale, au foyer duquel est placée la lampe émettrice. Ce faisceau entre dans le prisme par une des petites faces, se réfléchit totalement sur la face hypoténuse, et sort par l'autre face. Au voisinage de la face hypoténuse, nous avons placé comme appareil de mesure notre radiomètre pour ondes hertziennes [2].

L'onde évanescente fait dévier le radiomètre. Nous n'avons étudié jusqu'ici que le cas où le champ électrique est normal au plan d'incidence.

Pour mesurer la décroissance de l'intensité de l'onde évanescente et vérifier qu'elle suit la loi exponentielle théorique, il semble qu'il n'y ait

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1601.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1904 et 2092.

qu'à mesurer les déviations successives du radiomètre pour des distances croissantes; mais cette méthode est inapplicable à cause de la réflexion partielle sur la face de sortie. En déplaçant le radiomètre parallèlement à la face hypoténuse du prisme, à distance constante de celui-ci, on trouve des séries de maxima et de minima de la déviation. Ces maxima et minima correspondent à un système stationnaire dû à l'interférence de deux systèmes d'ondes évanescentes se propageant le long de la face du prisme et en sens inverse.

N'ayant pu éliminer ces interférences, nous avons trouvé avantageux de les rendre plus complètes en recouvrant la face de sortie du prisme d'une lame métallique sur laquelle les ondes se réfléchissent entièrement et reviennent en arrière en donnant naissance à des interférences totales. Pour que tout soit symétrique dans le cas de notre prisme, il est nécessaire que le faisceau fasse avec la face hypoténuse un angle de 45°. L'expérience étant ainsi disposée, on déplace le radiomètre parallèlement à la face hypoténuse ainsi qu'il a été indiqué plus haut et l'on trace la courbe de ses déviations. En opérant de même pour des distances croissantes, on obtient une série de courbes présentant des minima nuls et des maxima pour des positions du radiomètre sur les mêmes normales à la face du prisme. Les ordonnées des maxima diminuent, en fonction de la distance suivant une loi exponentielle qu'on peut écrire $D = D_0 e^{-2kx}$ puisque les déviations du radiomètre sont proportionnelles au carré du champ électrique. Pour $\lambda = 17^{cm},6$, $n = 1,46$, $i = 45°$, on a trouvé $K = 0,085$, tandis que la valeur théorique

$$K = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{n^2 \sin^2 i - 1}$$

est 0,089.

Pour expérimenter avec un faisceau faisant avec la face hypoténuse un angle supérieur à 45°, il faut incliner ce faisceau vers la base du prisme; il se réfléchit totalement, mais ne se présente plus normalement à la face de sortie du prisme. Nous avons, pour éviter cet inconvénient, complété le prisme par un coin en paraffine d'angle convenable, contre lequel nous avons appliqué la lame métallique. En traçant alors les courbes donnant les déviations du radiomètre, lorsqu'on le déplace devant le prisme, on trouve $K = 0,21$ pour un angle d'incidence de 54°, tandis que la valeur calculée est 0,22. La distance entre les maxima ou les minima observés était dans ce cas de $7^{cm},5$, tandis que, pour une incidence de 45°, elle était de $8^{cm},8$, ce qui correspond à la valeur théorique déduite de la vitesse de glissement de l'onde évanescente $V = V_{air}/ n \sin i$.

Nous avons aussi constaté et mesuré cette vitesse d'une autre façon : au lieu de mettre un miroir sur la face de sortie du prisme, ce qui revient à faire interférer deux ondes évanescentes allant en sens inverse, nous avons supprimé le miroir sur la face de sortie et laissé le radiomètre fixe, mais nous avons déplacé un petit miroir métallique vertical perpendiculairement à la face hypoténuse du prisme et contre celle-ci de manière à réfléchir l'onde évanescente. Si le miroir est placé, par rapport au radiomètre, du côté de l'arrivée de l'onde, son action se borne à diminuer la déviation du radiomètre, d'autant plus qu'il est plus près, tandis que, au contraire, s'il est placé au delà du radiomètre, les ondes évanescentes, incidente et réfléchie, interfèrent, et l'on mesure des distances d'internœuds correspondant à celles que nous avons déjà trouvées.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure fine de la raie* K_α *du carbone.* Note de MM. **Max Morand** et **A. Hautot**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons pu observer la raie K_α du carbone dans de bonnes conditions au moyen d'un spectrographe à réseau tangent. Sur certains clichés, nous avons observé la raie jusqu'au cinquième ordre. L'examen de ces clichés a montré que la raie présente une structure complexe ; elle apparaît comme étant nettement constituée au moins par deux composantes. La composante de grande longueur d'onde est plus intense que l'autre. La distance approximative de ces deux composantes est 0,6 Å. Nous avons contrôlé ces résultats en observant la raie au moyen d'un deuxième spectrographe équipé avec un second réseau. Les résultats concordent remarquablement bien. Pour s'assurer que la décomposition observée ne provient pas de « ghosts » dus au réseau, nous avons diaphragmé convenablement le réseau, de manière à limiter la surface utilisée en la réduisant à la surface optimum, pour laquelle ces ghosts disparaissent complètement, comme il a été montré par Mack, Stehn et Edlen (1).

La largeur totale de la raie observée dans tous les ordres est toujours d'environ 1 Å. Ce résultat concorde très bien avec les mesures faites par Söderman (2) et par Reminger (3).

(1) Mack, Stehn et Edlen, *Journal Optical Society America*, 22, 1931, p. 245.
(2) Söderman, *Zeitschrift für Physik*, 52, 1929, p. 795.
(3) Reminger, *Zeitschrift für Physik*, 78, 1932, p. 510.

Au point de vue théorique, l'étude de la configuration des atomes de carbone montre d'ailleurs que la raie K_α du carbone doit être complexe. Les composantes de courte longueur d'onde doivent être dues à des atomes ionisés, ce qui permet de comprendre parfaitement la structure observée.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'analyse des minéraux rodioactifs primaires.* Note de M. **Adrien Karl**, présentée par M. G. Urbain.

Les minéraux primaires, en particulier ceux de la famille des niobates d'urane et de terres rares, peuvent être attaqués, à une température peu élevée (500 à 550°), par l'oxychlorure de carbone sec.

Les éléments constitutifs de ces minéraux se séparent ainsi aisément en deux groupes. Les chlorures volatils, c'est-à-dire Cb, Ta, Ti, U, Fe, Al, que l'on retrouve dans les parties froides de l'appareil, et la partie fixe, qui contient les chlorures de terres rares, de thorium, des métaux alcalins et de petites quantités de chlorures de métaux usuels, enfin le zircon ainsi que la silice qui restent inattaqués par le réactif.

Des essais ont été faits dans le but de vérifier que cette séparation en deux groupes est effective, afin de l'utiliser à l'analyse quantitative. Des mélanges synthétiques, traités ainsi qu'il sera exposé plus loin, ont fourni des résultats exacts, entre les mêmes limites de températures que celles qui sont indiquées pour le traitement des minéraux. Ce sont les suivants : $U^3O^8 - ThO^2$; $U^3O^8 - Ce^2O^3$; $Cb^2O^5 - Ta^2O^5$, oxydes de terres rares brutes ; TiO^2, oxydes de terres rares brutes ; $U^3O^8 - CO^3Ba$; $Cb^2O^5 - Ta^2O^5 - CO^3Ba$.

Le dosage du radium peut être effectué rapidement, par des manipulations simples, qui sont des conditions essentielles de précision.

Le mode opératoire consiste à disposer dans une nacelle de quartz une quantité connue de minerai finement pulvérisé. On l'humecte avec quelques gouttes d'une solution saturée de chlorure de baryum. La nacelle est portée à l'étuve jusqu'à dessiccation de son contenu. Elle est ensuite placée dans un tube en verre peu fusible, qui est prolongé par un tube en U contenant de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique. On fait traverser l'appareil par un courant très lent d'oxychlorure de carbone sec, et l'on chauffe progressivement jusque vers 550°. En 1 heure et demie ou 2 heures l'opération est terminée. On peut s'en assurer par deux pesées successives de la nacelle, mais comme la manipulation des chlorures anhydres à l'air

exige de grandes précautions, il est préférable d'opérer plus simplement. On laisse l'appareil se refroidir, puis, la nacelle est tirée en arrière, c'est-à-dire vers l'arrivée de l'oxychlorure de carbone dans le tube. Celui-ci est chauffé à nouveau, mais de telle sorte que la partie occupée précédemment par la nacelle reste froide. Il est alors facile de se rendre compte s'il se dépose des chlorures: ce dépôt indiquerait que l'opération n'était pas terminée.

Après refroidissement, le contenu de la nacelle est dissous dans une solution diluée d'acide chlorhydrique, dans le tube même qui servira de barboteur pour le dosage par la méthode de l'émanation (1). Cependant si le minéral contient de la silice et du zircon, il est nécessaire de filtrer la liqueur. Le dosage est ensuite continué comme à l'ordinaire.

Après le dosage du radium, on dose le thorium et les terres rares dans la même solution, après avoir éliminé le baryum par l'acide sulfurique, en utilisant les méthodes courantes.

Les chlorures volatils recueillis dans les parties froides du tube sont détachés avec de l'acide chlorhydrique et réunis à la dissolution que contient le tube en U. La séparation de l'urane des acides rares se fait aisément au carbonate de sodium, l'analyse est alors continuée par les méthodes ordinaires.

Ce mode de dosage du radium a été utilisé sur des échantillons d'euxénite, de betafite et de samarskite de Madagascar, ainsi que sur une pechblende du Mexique, elle a donné des résultats plus précis et plus constants que la méthode par fusion directe dans les bisulfates alcalins (2).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur certaines singularités des courbes de traction des aciers à chaud.* Note (3) de M. **Jean Galibourg**, présentée par M. Léon Guillet.

De nombreux auteurs (A. Le Chatelier, E. Dupuy, French et Tucker, Honda, Wilhelm, Korber et Pomp, etc.) ont étudié la résistance à chaud des aciers ordinaires recuits, par traction à la vitesse normale de l'essai courant. Tous ces travaux concluent à l'existence d'un minimum de la charge de rupture vers 100° et d'un maximum plus accusé vers 300°.

(1) Mme Curie, *Traité de Radioactivité*. Paris 1910.
(2) A. Karl, *Thèse de Doctorat*. Paris 1932.
(3) Séance du 28 novembre 1932.

Par contre, la limite élastique déterminée dans les mêmes conditions décroît progressivement quand la température s'élève. Il en est de même de la limite de proportionnalité des charges et des allongements et de la limite des premières déformations non élastiques déterminée par traction prolongée sous charge constante (1).

D'autre part, l'acier écroui par traction est, entre la température ordinaire et 400° environ, le siège de transformations d'autant plus rapides que la température est plus élevée. Ce vieillissement se traduit par une augmentation de la limite élastique et de la charge de rupture. Si la traction produisant l'écrouissage du métal préalablement recuit est arrêtée avant la fin du palier, c'est-à-dire avant que l'écrouissage ne s'étende sur la longueur totale de l'éprouvette, la courbe de traction suivante, aprés vieillissement, présente deux paliers. La courbe de traction peut alors être marquée par des oscillations de grande amplitude entre le palier du métal recuit et celui du métal écroui puis vieilli.

A. Le Chatelier a signalé qu'au-dessus de la température ordinaire la charge de rupture des aciers augmentait tandis que les allongements diminuaient. De plus, au delà de 100°, les résultats de l'essai de traction variaient dans des limites énormes suivant la vitesse de traction. Enfin, pour des charges supérieures à la limite élastique, la courbe de traction était marquée par des oscillations très nettes de l'effort, quand la température était comprise entre 100° et 300°. A partir de cette température, ces saccades disparaissaient, mais se produisaient de nouveau si la vitesse de traction était très rapide.

Toutes ces remarques concordent pour permettre d'attribuer la cause des phénomènes observés à la transformation progressive dite « vieillissement », que subit le métal après écrouissage.

A la température ordinaire, le vieillissement est trop lent pour affecter l'allure de la courbe de traction pendant les quelques minutes de durée de l'essai normal.

A partir de 100°, le vieillissement est assez rapide pour que chaque tranche de métal écroui soit vieillie de suite. On se trouve donc à chaque instant de la traction, après avoir dépassé la limite élastique, en présence d'un métal possédant plusieurs limites élastiques, d'où les oscillations observées.

Au delà de 300°, le vieillissement est assez rapide pour accompagner

(1) L. Guillet, J. Galibourg et M. Samsoen, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 861-863.

instantanément l'écrouissage de chaque tranche. Il faut une traction très rapide pour que les oscillations se manifestent.

Entre la température ordinaire et 400°, la valeur de la charge de rupture est donc la résultante de trois facteurs dont la somme produit le minimum situé vers 100° et le maximum vers 300°.

1° Diminution de la résistance quand la température s'élève.

2° Accroissement de la limite élastique et de la charge de rupture par écrouissage pendant la traction.

3° Accroissement de la limite élastique et de la charge de rupture par vieillissement particulièrement actif vers 300°.

L'accroissement de ces deux dernières caractéristiques doit se produire bien que l'écrouissage, sur lequel agit le vieillissement lors de chaque phase de la traction, soit infiniment petit. J'ai constaté en effet [1] qu'en opérant par une série de faibles allongements, à la température ordinaire, suivis de vieillissements à chaud. La limite élastique finale et la charge de rupture étaient plus élevées qu'en obtenant la rupture après un plus petit nombre d'allongements plus grands suivis également de vieillissement à chaud.

La limite élastique apparente qui termine la période des allongements élastiques dans l'essai de traction normal n'étant pas précédée d'un écrouissage, comme l'effort maximum dit charge de rupture, n'est pas affectée par les phénomènes de vieillissement. Elle diminue progressivement quand la température s'élève.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la décomposition en températures croissantes de quelques complexes du platine.* Note de M. **P. Vallet**, présentée par M. Urbain.

En vue de recherches non encore publiées, j'ai été amené à préparer du platine divisé par voie sèche, à la température la plus basse possible.

J'ai déterminé la température minima à partir de laquelle certains complexes du platine sont totalement décomposés et donnent le métal.

J'ai étudié les variations de masse d'échantillons de ces complexes au cours d'un chauffage progressif, à l'aide de la balance à compensation hydrostatique de M. M. Guichard [2], à laquelle j'ai apporté quelques perfectionnements que je publierai prochainement.

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1022.

(2) M. Guichard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 251, et 39, 1926, p. 113.

J'ai traduit les résultats obtenus en représentant, sur le même graphique, d'une part, les variations de la masse des différents échantillons en fonc-

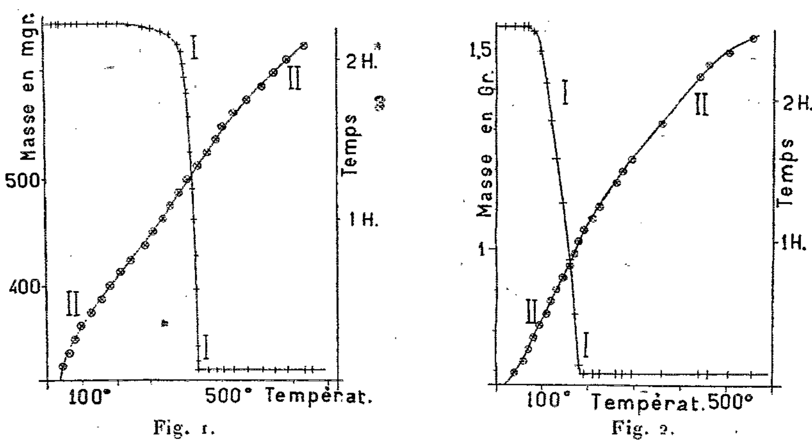


Fig. 1. Fig. 2.

Courbes I : variation de la masse en fonction de la température.
Courbes II : variation de la température en fonction du temps.
La figure 1 se rapporte à la décomposition du chloroplatinate d'ammonium par la chaleur en atmosphère inerte et la figure 2 à la réduction de l'acide chloroplatinique par l'hydrogène.

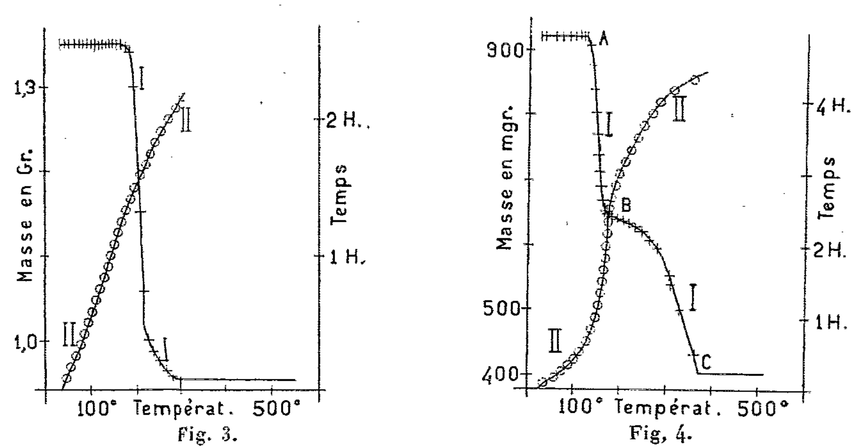


Fig. 3. Fig. 4.

Courbes I : variation de la masse en fonction de la température.
Courbes II : variation de la température en fonction du temps.
La figure 3 se rapporte à la réduction du chloroplatinate de potassium par l'hydrogène et la figure 4 à la réduction du chloroplatinate d'ammonium par l'hydrogène.

tion de la température (courbe I des quatre figures ci-dessus) et, d'autre part, les variations de leur température en fonction du temps (courbe II des quatre figures ci-dessus).

1° *Décomposition du chloroplatinate d'ammonium par la chaleur, en atmo-*

sphère inerte. — Ce sel a été chauffé progressivement dans un courant d'azote. Sa décomposition commence vers 250°; d'abord lente, celle-ci est très rapide entre 380° et 430°, température à laquelle elle est terminée (voir *fig.* 1).

2° *Réduction de l'acide chloroplatinique par l'hydrogène.* — J'ai chauffé cet acide progressivement dans un courant d'hydrogène. Sa décomposition commence vers 100° et se termine un peu avant 200° (voir *fig.* 2).

3° *Réduction du chloroplatinate de potassium par l'hydrogène.* — Chauffé progressivement dans un courant d'hydrogène, ce sel se décompose en perdant 4 atomes de chlore par molécule, suivant la réaction

(3) $$PtCl^6K^2 + 2H^2 = Pt + 2ClK + 4ClH.$$

Cette réaction commence vers 160°; elle est très rapide entre 190° et 220° et se termine à 300° (cf. *fig.* 3).

4° *Réduction du chloroplatinate d'ammonium par l'hydrogène.* — La courbe I de la figure 4 présente un point d'inflexion B dont l'ordonnée correspond à la perte de 4 atomes de chlore par molécule de sel. On peut admettre que la première partie de la courbe (de A à B) correspond à la réaction suivante :

(4) $$PtCl^6(NH^4)^2 + 2H^2 = Pt + 2ClNH^4 + 4ClH,$$

s'effectuant entre 120° et 200° : le produit obtenu a l'aspect du platine divisé. La seconde partie de la courbe correspondrait à la volatilisation du chlorure d'ammonium résultant de la réaction (4) et s'effectuerait entre 200° et 375° : on observe, en tout cas, un dépôt de chlorure d'ammonium sur les parties froides du tube laboratoire.

On peut penser que la courbe présente un point d'inflexion et non un palier à la fin de la réaction (4) parce que le chlorure d'ammonium se volatilise déjà à la température où il prend naissance.

Conclusion. — Les réactions 1°, 2° et 4° donnent directement du platine divisé. La réaction 2° est celle qui permet de l'obtenir à la température la plus basse possible : 200°.

Si mon interprétation de la courbe I de la réaction 4° est exacte, en arrêtant l'opération à 200° (température correspondant au point d'inflexion B), on aurait du platine divisé, mélangé à du chlorure d'ammonium et dont il faudrait le débarrasser : je me propose d'étudier prochainement cette séparation.

La réaction 3° donne à 300° du platine divisé mélangé à du chlorure de potassium dont j'étudie actuellement la séparation d'avec le platine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de quelques dérivés organomercuriques sur les solutions d'hexaméthylènetétramine.* Note [1] de MM. **A. Perret** et **A. M. Krawczynski**, présentée par M. G. Urbain.

Les nouveaux produits d'addition obtenus [2] dans l'étude de l'action des solutions aqueuses de sels mercuriques faiblement hydrolysés sur celles de l'hexaméthylènetétramine nous ont conduit à interpréter leur formation comme résultat de l'affinité spécifique du mercure pour l'azote tertiaire de la base.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de la structure du dérivé mercuriel sur la composition du produit d'addition dans le cas de représentants de diverses séries d'organomercuriques. La possibilité de faire varier alternativement la nature de l'alcoyle et celle des halogènes, ou d'anions à propriétés semblables, fait espérer l'obtention de nouveaux complexes mercuriels.

Le mode opératoire adopté peut se résumer de la façon suivante : Les mélanges d'organomercuriques et de base sont rendus homogènes par dissolution des deux constituants dans le chloroforme en opérant successivement en présence d'une, deux ou trois molécules de base pour une du composé mercuriel. Par évaporation on parvient à une masse cristalline dans laquelle on observe des cristaux en aiguilles correspondant au complexe à côté de ceux qui proviennent de l'excès de réactifs utilisés. L'extraction du complexe se réalise assez facilement par l'emploi du toluène bouillant.

Nos recherches ont porté sur la série suivante :

1° *Iodure de méthyl-mercure.* — La seule combinaison d'addition est formée de petits cristaux en aiguilles fondant à 119°C. L'analyse donnant les valeurs suivantes : Hg = 51,9 pour 100, I = 33,3 et N = 4,88 pour 100, permet de lui assigner la formule

$$3\,CH^3Hg - I.\,1\,C^6H^{12}N^4.$$

2° *Bromure de méthyl-mercure.* — On isole un produit cristallisant en aiguilles fondant à 112°C. Le dosage d'azote par Dumas donnant la valeur N = 7,75 pour 100 conduit à la formule

$$2\,CH^3 - Hg - Br.\,1\,C^6H^{12}N^4.$$

3° *Cyanure de méthyl-mercure.* — Le produit d'addition isolé d'aspect identique aux précédents fond à 127° et le dosage d'azote donnant N = 21,5 pour 100 lui assigne la composition $1\,CH^3 - Hg - CN.\,1,5\,C^6H^{12}N^4$.

---

(1) Séance du 21 novembre 1932.

(2) *Bull. Soc. chim. France*, 4e série, 51, 1932, p. 472.

4° *Chlorure de méthyl-mercure.* — Ce produit a été préparé par neutralisation de l'hydroxyde en solution aqueuse et utilisé après cristallisation dans l'alcool. L'analyse du composé d'addition avec la base formée d'aiguilles fondant à 141° C. donne les valeurs : Hg=51,3 pour 100 et N=14,50 pour 100 qui permettent de lui attribuer la composition

$$1\,CH^3-Hg-Cl.1\,C^6H^{12}N^4.$$

5° *Sulfocyanure de méthyl-mercure.* — Ce composé, qui n'a pas encore été signalé, a été préparé par traitement d'une solution aqueuse d'hydroxyde de méthyl-mercure au sulfocyanure de potassium en présence d'acide sulfurique dilué. Le produit de précipitation immédiate est purifié par cristallisation dans l'alcool et prend l'aspect de paillettes nacrées fondant à 125,5° C. La manipulation de ses solutions est dangereuse à cause de ses propriétés vésicantes provoquant des brûlures très douloureuses.

Avec l'hexaméthylènetétramine, nous avons isolé un produit en aiguilles fondant à 106° auquel le dosage d'azote, donnant N=17,3 pour 100, permet d'assigner la formule

$$1\,CH^3-Hg-SCN.1\,C^6H^{12}N^4.$$

6° *Fluorure de méthyl-mercure.* — Ce composé n'a pas été mentionné jusqu'à maintenant : nous l'avons préparé par neutralisation d'une solution alcoolique d'hydroxyde de méthyl-mercure avec de l'acide fluorhydrique. Par évaporation on obtient des paillettes nacrées de fluorure de méthyl-mercure à côté d'un produit fluoré insoluble dans les solvants organiques. Le composé CH^3Hg-F est d'un aspect identique à celui des organo-mercuriques précédents mais s'en distingue par l'absence de point de fusion et sa sublimation graduelle au-dessus de 200°. D'autre part, bien que parfaitement miscible aux solutions chloroformiques d'hexaméthylènetétramine, il ne donne pas de produit d'addition.

7° *Hydroxyde de méthyl-mercure.* — L'instabilité de ses solutions n'a pas permis d'isoler dans des conditions de pureté suffisante sa combinaison avec l'hexaméthylènetétramine. Son existence nous semble prouvée cependant par le fait que le produit obtenu exposé aux vapeurs de ClH se transforme en $1\,CH^3-Hg-Cl,\ 1\,C^6H^{12}N^4$.

Si l'on passe à la série des éthyl-mercures, on n'obtient plus de produits d'addition comme nous l'avons vérifié dans le cas des chlorure et iodure d'éthyl-mercure. Le comportement de l'iodure d'allyl-mercure est identique mais compliqué par son instabilité. Comme exemple d'organomercurique symétrique nous avons choisi le diphényl-mercure qui est également dénué de tout pouvoir d'addition pour l'hexaméthylènetétramine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétolyse de l'amidon.*
Note de M. **R. Sutra**, présentée par M. G. Urbain.

Pregl (¹) a préparé par action de l'anhydride acétique à froid en présence d'un peu d'acide sulfurique sur l'amidon soluble de Zulkowsky un triacétate d'amidon ; en employant une plus grande proportion d'acide sulfurique cet auteur a obtenu des acétates dérivant de produits de dégradation et qui fournissaient une dextrine par saponification.

Nous avons repris cette étude en partant de l'amidon naturel ; à chaud, la réaction est très vive, en chauffant sans précaution l'amidon est vite caramélisé.

L'acétolyse a été réalisée dans les conditions suivantes : l'amidon de maïs (10^g) est introduit dans un mélange refroidi d'anhydride acétique (40^{cm^3}) et d'acide sulfurique (5^{cm^3}) ; le mélange est chauffé *très lentement* à 70° en agitant continuellement avec un thermomètre ordinaire : la chaleur dégagée par la réaction est alors suffisante pour maintenir la température au voisinage de 75°. L'amidon se dissout en donnant une coloration rouge brun ; pour terminer l'attaque il faut chauffer vers 95°.

La solution refroidie est filtrée sur Iéna 1 G 1 et versée lentement dans de l'eau glacée en agitant énergiquement.

L'acétate formé est lavé plusieurs fois à l'eau, essoré, puis desséché sous le vide sulfurique ; il fond à 96° (bloc Maquenne).

L'analyse élémentaire et l'indice d'iode montrent qu'il s'agit d'un octoacétate de disaccharide ; le rendement calculé sur l'amidon sec est de 48 pour 100, chiffre comparable à celui atteint par la même opération sur la cellulose.

La solution concentrée de ce dérivé acétylé dans l'alcool méthylique est placée dans la glacière ; par refroidissement des cristaux apparaissent ; ceux-ci n'ont pu être isolés : ils se transforment rapidement en un sirop qui, après décantation de la solution surnageante, se concrétise et se transforme par agitation en poudre cristalline ; l'excès de solvant est éliminé sous le vide sulfurique. L'évaporation de la solution méthylique à la température du laboratoire conduit au sirop et à la même poudre cristalline.

L'analyse élémentaire et l'indice d'iode montrent que cette poudre est

(¹) Pregl, *Monatshefte für Chemie*, 22, 1901, p. 1049.

également un dérivé octoacétylé d'un disaccharide; son point de fusion est 120-122° (bloc Maquenne), et son pouvoir rotatoire dans le chloroforme est $[\alpha]_{578}^{20} = +120°,5$. Nous l'avons identifié avec l'α-octoacétyl-maltose obtenu indirectement par Hudson et Johnson [1] par action du chlorure de zinc sur le β-octoacétyl-maltose en présence d'anhydride acétique; les caractéristiques données par ces auteurs sont les suivantes : point de fusion 125°, et pouvoir rotatoire dans le chloroforme $[\alpha]_D^{20} = +122°,8$.

De la fraction obtenue par refroidissement dans la glacière une partie est très difficilement soluble dans l'alcool méthylique, le produit obtenu représente 0,5 pour 100 de la quantité totale de dérivé α : nous l'avons identifié avec le β-octoacétyl-maltose par son point de fusion 165° (bloc Maquenne) et son pouvoir rotatoire dans le chloroforme $[\alpha]_{578}^{20} = +65°,5$; les valeurs données pour ces constantes sont pour le point de fusion 159-161° et pour le pouvoir rotatoire dans le chloroforme $[\alpha]_D^{20} = +62°,6$.

L'acétolyse de l'amidon conduit donc par l'intermédiaire d'un dérivé acétylé instable, que nous étudions, à l'α-octoacétyl-maltose contenant une faible proportion de β-octoacétyl-maltose : le rendement est d'au moins 40 pour 100 du poids d'amidon employé rapporté à l'état sec.

Ainsi se confirment par voie chimique : l'hypothèse d'un maltose labile expliquant l'action du *Bacillus macerans* [2], la présence dans l'amidon de maltose α [2] et de liaisons β [3] signalées par Kuhn par voie biochimique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le mécanisme de la réaction du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres d'alcoyles.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

La réaction du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres d'alcoyles a été étudiée jusqu'à présent par divers auteurs. Les résultats obtenus sont assez divergents.

Michaelis et Wagner [4], en faisant réagir 2^{mol} de pentachlorure de phosphore sur 1^{mol} de sulfite neutre d'éthyle, ont isolé une fraction, distillant entre 120 et 125°, impure, dans laquelle ils admettent la présence du

(1) Hudson et Johnson, *Journ. of Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 1276.

(2) Kuhn, *Liebigs Annalen*, 443, 1925, p. 1. Cf. également Schoen, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 12, 1930, p. 1080.

(3) *Zeitsch. für Physiol. Chem.*, 135, 1924, p. 12.

(4) *D. chem. G.*, 7, 1874, p. 1074.

chlorosulfite d'éthyle (chlorure du sulfite acide d'éthyle), lequel serait formé par la réaction

$$SO(OC^2H^5)^2 + PCl^5 = POCl^3 + C^2H^5Cl + C^2H^5OSOCl$$

Geuther et Roschlau [1] n'ont pas réussi à obtenir de chlorosulfite d'éthyle pur par cette réaction, tandis que E. Bourgeois et A. V. Casteele [2] prétendent avoir isolé le chlorosulfite d'éthyle pur avec un excellent rendement.

P. Carré et P. Mauclère [3] ont montré que, dans la réaction de 2^{mol} de pentachlorure de phosphore sur 1^{mol} de sulfite neutre d'éthyle, il se forme, avec le chlorure d'éthyle et l'oxychlorure de phosphore, du chlorure de thionyle et du gaz sulfureux, suivant les deux réactions

$$(1) \qquad SO(OC^2H^5)^2 + 2PCl^5 = 2POCl^3 + 2C^2H^5Cl + SOCl^2,$$

$$(2) \qquad SO(OC^2H^5)^2 + PCl^5 = POCl^3 + 2C^2H^5Cl + SO^2.$$

Nous nous sommes proposés d'étudier le mécanisme de la réaction (1) et de voir si elle n'était pas la résultante d'un ensemble de réactions qui peuvent être représentées par les systèmes A et B :

$$A \begin{cases} (3) & SO(OC^2H^5)^2 + PCl^5 = POCl^3 + C^2H^5Cl + C^2H^5OSOCl, \\ (4) & C^2H^5OSOCl + PCl^5 = POCl^3 + C^2H^5Cl + SOCl^2. \end{cases}$$

$$B \begin{cases} (3) & SO(OC^2H^5)^2 + PCl^5 = POCl^3 + C^2H^5Cl + C^2H^5OSOCl, \\ (5) & C^2H^5OSOCl = C^2H^5Cl + SO^2, \\ (6) & SO^2 + PCl^5 = POCl^3 + SOCl^2, \end{cases}$$

la réaction (2) étant alors produite accessoirement par les réactions (3) et (5) du système B.

Les expériences suivantes montrent que dans tous les cas, les réactions A sont prépondérantes, et que les réactions (5) et (6) de B se produisent seulement dans le cas où l'élévation de température du mélange est suffisante pour déterminer la décomposition du chlorosulfite d'éthyle par la chaleur, selon (5).

En effet, la proportion du gaz sulfureux dégagé est d'autant plus faible que la réaction du pentachlorure de phosphore sur le sulfite neutre d'éthyle est effectuée à

---

(1) *Lieb. Ann.*, **223**, 1884, p. 224.
(2) *Bull. Soc. chim. Belg.*, **36**, 1927, p. 149.
(3) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1738.

température plus basse. On peut même arriver à supprimer complètement le dégagement de gaz sulfureux si l'on a soin de n'ajouter le pentachlorure de phosphore au sulfite d'éthyle que par petites portions, afin d'éviter un trop grand échauffement dû à la réaction.

D'autre part, nous avons trouvé que le pentachlorure de phosphore réagit sur le chlorosulfite d'éthyle pur [1], suivant l'équation (4), dès la température ordinaire, avec échauffement, et non au-dessus de 180° comme le croyaient Michaelis et Wagner (*loc. cit.*).

On s'explique ainsi que la réaction du pentachlorure de phosphore sur le sulfite neutre d'éthyle ne puisse constituer une préparation du chlorosulfite d'éthyle.

Le mécanisme A se trouve encore plus nettement confirmé pour les homologues du sulfite d'éthyle. Il est en effet possible, dans ce cas, de mettre en évidence la production de chlorosulfite d'alcoyle, selon (3), les chlorosulfites d'alcoyles homologues de C^2H^5 étant décomposés par le pentachlorure de phosphore moins facilement que le chlorosulfite d'éthyle.

C'est ainsi que lorsqu'on traite le sulfite neutre de *n*-butyle par une quantité équimoléculaire de pentachlorure de phosphore, en ayant soin de bien refroidir, il est possible d'isoler, avec un assez bon rendement, le *chlorosulfite de n-butyle*, liquide distillant à 88° sous 45^{mm}; pour décomposer ce chlorosulfite par le pentachlorure de phosphore avec production de chlorure de butyle et de chlorure de thionyle, il faut chauffer légèrement au bain-marie.

Le sulfite neutre de *n*-propyle, et le *chlorosulfite de n-propyle*, liquide distillant à 62° sous 50^{mm}, se comportent, vis-à-vis du pentachlorure de phosphore, de manière analogue à leurs homologues butyliques.

On peut donc dire que la réaction du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres d'alcoyles se passe selon les équations A, et que les équations (5) et (6) de B interviennent seulement dans le cas où l'échauffement produit dans le cours de la réaction est suffisant pour déterminer la décomposition du chlorosulfite d'alcoyle par la chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une matière colorante dérivée du tripropynylcarbinol.* Note de M. **Ch. Prévost**, présentée par M. Delépine.

Le tripropynylcarbinol $(CH^3-C\equiv C-)^3C-OH$ est légèrement soluble dans l'eau à 100°. Si l'on prolonge l'ébullition de ses solutions aqueuses, celles-ci prennent une coloration rouge dont l'intensité s'accroît, au début du moins, à une allure exponentielle, indice d'une réaction auto-

---

[1] Le chlorosulfite d'éthyle pur utilisé a été préparé selon la méthode de Stähler et Schirm (*D. ch. G.*, 44, 1911, p. 379).

catalytique. De fait, la matière colorante semble de nature acide, et l'autocatalyse due à l'apparition d'ions H. En effet, l'introduction d'acide sulfurique (1/1000e) ou mieux d'acide acétique (1/10e) accélère considérablement l'apparition de la coloration. Les acides halogénés qui détruisent l'alcool tertiaire doivent être écartés.

Avec l'eau seule la coloration n'est jamais très foncée, et semble passer par un maximum atteint au bout de quelques heures; avec les catalyseurs acides, on atteint, en 25 à 30 minutes environ, une coloration très intense qui, assez longtemps stationnaire, semble diminuer ensuite très lentement.

Après refroidissement, les solutions acides subsistent plusieurs mois sans altération sensible. Les acides minéraux, y compris les acides halogénés même à haute dose, ne provoquent pas alors de changement de couleur; par contre, la soude et la potasse, et plus lentement leurs carbonates, amènent le virage au jaune, la liqueur restant limpide; les acides rétablissent la coloration rouge primitive. L'ammoniaque fait virer au jaune, avec formation de précipité; les acides clarifient, mais la liqueur reste jaune.

Aucun solvant non miscible à l'eau ne permet d'extraire la matière colorante de ses solutions aqueuses. Pour l'isoler, il est inévitable d'évaporer complètement celles-ci.

2^g de tripropynylcarbinol dissous dans 150^g d'acide acétique pur sont incorporés assez lentement à 1500^g d'eau à l'ébullition; le carbinol ne précipite pas dans ces conditions; aprè développement maximum de la coloration, puis refroidissement, la liqueur rouge foncé est épuisée plusieurs fois à l'éther qui en extrait des résines brunes; lorsque l'éther d'épuisement reste incolore, on évapore dans le vide à 20-30° l'eau et l'acide acétique qui s'éliminent simultanément. Après séjour dans le vide sulfurique le résidu rouge-noir est épuisé de nouveau à l'éther anhydre qui enlève encore des résines brunes. Ce second résidu est à peu près entièrement soluble dans peu de chloroforme qui se colore en rouge violacé très intense. L'éther anhydre précipite de la solution chloroformique une poudre amorphe brun-rouge, soluble presque en totalité dans très peu d'eau. Enfin, cette dernière solution aqueuse, évaporée à sec dans le vide sulfurique, laisss un résidu à reflets mordorés, qui cristallise lentement lorsqu'on le triture avec du bromure d'éthyle dans lequel il est peu soluble.

Les cristaux bruns ainsi obtenus n'ont pu être purifiés plus avant; il en a été préparé 0^g,10 environ. Tels quels, ils fondent au bloc Maquenne à 200° en un globule mordoré; la décomposition n'est pas totale à la fusion, car ce globule est partiellement soluble dans l'eau et la colore intensément.

Jusqu'ici je n'ai pu analyser les cristaux encore impurs et très hygroscopiques; aussi ne puis-je faire que des hypothèses fragiles sur leur constitution.

Insoluble dans le benzène, l'éther, les carbures, peu soluble dans les éthers halogénés, plus soluble dans les alcools lourds, très soluble dans l'alcool éthylique, l'acétone, le chloroforme, et plus encore dans l'eau, ce corps doit contenir plusieurs groupements oxhydryle ou carbonyle; fortement coloré, il doit renfermer des liaisons éthyléniques conjuguées croisées. La formule

$$CH^3-\underset{\underset{O}{\parallel}}{C}-CH=C\begin{cases}CH=COH-CH^3\\CH=COH-CH^3\end{cases}$$

qui correspond à ces exigences et se déduirait facilement de son origine, n'est pas impossible; je m'efforce actuellement de la vérifier. Elle en ferait l'analogue acyclique d'une aurine.

L'insolubilité totale du triphénéthynylcarbinol $(C^6H^5-C\equiv C-)^3C-OH$ dans l'eau ne m'a pas permis d'arriver avec lui à des résultats aussi nets; cependant, l'ébullition prolongée de ce carbinol avec l'acide acétique à 60/100, additionné de 2/100 d'acide sulfurique conduit à une solution bleu verdâtre par réflexion, violet rouge par transmission, d'où il ne m'a pas été possible jusqu'ici d'extraire le coloré principe pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les amines nitrées.* Note de M. **Hubert Cerf**, présentée par M. Delépine.

C. Mannich a condensé des corps possédant un hydrogène mobile au voisinage d'un ou plusieurs groupes carbonyle [1] avec la formaldéhyde et une amine. Louis Henry d'une part [2] et Duden Bock et Ried d'autre part [3], ont condensé le nitrométhane avec le formol et la pipéridine, ainsi qu'avec le formol et la diméthylamine.

Nous avons songé à généraliser cette réaction pour préparer des amines nitrées du type général

$$O^2N-CH^2-CH^2-N\begin{cases}R_1\\R_2\end{cases},\qquad O^2N-CH\left[CH-N\begin{cases}R_1\\R_2\end{cases}\right]^2,$$

$$O^2N-C\left[CH-N\begin{cases}R_1\\R_2\end{cases}\right]^3,$$

(1) D. R. P. 422098, Kl. 129 du 30 novembre 1919 ausgeg. 24 novembre 1925; D. R. P. 393633, Kl. 129 du 7 juin 1922 ausgeg. 5 avril 1924.

(2) *Ber. d. Chem. Ges.*, 38, 1905, II, p. 2027.

(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 38, 1905, II, p. 2036.

suivant que un, ou deux, ou trois hydrogènes acides du nitrométhane réagiraient.

Nous avons constaté qu'avec la diéthylamine on obtient le *bis*-(diéthylamino)-nitropropane $NO^2-CH[CH^2-N(C^2H^5)^2]^2$, avec un rendement théorique, correspondant à la condensation d'une molécule de nitrométhane avec deux molécules de formol et de diéthylamine. On a donc la réaction de deux molécules de méthyloldiéthylamine $(C^2H^5)^2N-CH^2OH$ sur une molécule de nitrométhane. L'amine obtenue est un liquide huileux, jaune, bouillant à 110° sous 4^{mm}, très altérable à l'air et à la lumière. Ce corps donne un chloroplatinate

$$PtCl^4\left\langle\begin{matrix}HCl(C^2H^5)^2N-CH^2\\HCl(C^2H^5)^2N-CH^2\end{matrix}\right\rangle CH-NO^2$$

fondant avec décomposition à 231°. Dans son titrage par l'acide chlorhydrique, en présence de tournesol, il met en jeu ses deux fonctions basiques.

La réduction du groupe nitré par l'amalgame d'aluminium conduit au *bis*-(diéthylamino)-aminopropane $[(C^2H^5)^2N-CH^2]^2CH-NH^2$, huile incolore bouillant à 110°, sous 10^{mm}, assez altérable à l'air et à la lumière. Ce corps donne deux chloroplatinates

$$PtCl^4\left\langle\begin{matrix}HCl(C^2H^5)^2N-CH^2\\HCl(C^2H^5)^2N-CH^2\end{matrix}\right\rangle CH-NH^2, HCl,$$

$$PtCl^4=\left[HCl, NH^2-CH\left\langle\begin{matrix}CH^2-N(C^2H^5)^2HCl\\CH^2-N(C^2H^5)^2HCl\end{matrix}\right\rangle PtCl^4\right]^2,$$

le premier fondant avec décomposition à 190° et le second à 220°, mais un seul chloraurate

$$[AuCl^3, HCl(C^2H^5)^2N-CH^2]^2CH-NH^2, HCl,$$

dont la fusion avec décomposition a lieu à 177°. On obtient un trichlorhydrate cristallisé. Cette amine se comporte comme bibasique vis-à-vis de l'acide chlorhydrique en présence de bleu de bromophénol, et comme tribasique en employant comme indicateur le rouge Congo.

Cette triamine possédant une fonction amine primaire et deux fonctions amine tertiaire, nous avons caractérisé la présence de la fonction amine primaire en faisant le dérivé paranitrobenzoylé et la diéthylation par la méthode de Skita. Nous avons été ainsi conduit au tri-(diéthylamino)-propane

$$[(C^2H^5)^2N-CH^2]^2CH-N(C^2H^5)^2,$$

liquide incolore qui bout sensiblement au même point que le bis-(diéthyl-

amino)-aminopropane, et se comporte comme lui au titrage : bibasique en présence de bleu de bromophénol, et tribasique en présence de rouge Congo.

Par action de l'acide nitreux naissant sur le bis-(diéthylamino)-aminopropane, nous avons obtenu deux corps; la nitrosodiéthylamine, produit de coupure, et des cristaux jaunâtres fondant à 43° et bouillant à 147° sous 5mm; nous avons fait le chloraurate, P. F. : 165°. Les analyses nous conduisent à la formule :

$$NO - NH - CH[CH^2 - N(C^2H^5)^2]^2.$$

Le dosage par l'acide chlorhydrique indique les deux fonctions basiques. En réduisant ce bis-(diéthylamino)-nitrosoaminopropane en solution alcoolique par le zinc et l'acide chlorhydrique gazeux, nous avons retrouvé le bis-(diéthylamino)-aminopropane initial que nous avons caractérisé par son dérivé paranitrobenzoylé. C'est la première fois, du moins à notre connaissance, que l'on a réussi à isoler, en série aliphatique, un dérivé nitrosé de la fonction amine primaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'amination des composés organiques*. Note de M. **Aurélio Cocco**, présentée par M. Delépine.

S'il était possible d'alcoyler à l'azote, dans des conditions satisfaisantes, l'uréthane éthylique, on disposerait d'une méthode simple pour aminer des composés organiques. En effet les alcoyluréthanes sont facilement hydrolysés en milieu acide ou alcalin, avec formation d'amines primaires.

On sait qu'un hydrogène du groupe $-NH^2$ de l'uréthane éthylique se laisse aisément remplacer par le sodium, et que l'uréthane sodée ainsi préparée est susceptible de réagir avec les halogénures d'alcoyles. Cependant, on n'était pas arrivé à alcoyler l'uréthane avec des résultats convenables.

Krafft [1] en faisant réagir l'uréthane sodée sur CH^3I en milieu éthéré, en tube scellé à 110°, a préparé la méthyluréthane $CH^3NHCOOC^2H^5$ avec un rendement de 30 pour 100 seulement, la plus grande partie de l'uréthane étant régénérée. Nous-même avons essayé de benzyler et butyler l'uréthane sodée en milieu éthéré, mais nous avons récupéré presque entièrement l'uréthane mise en œuvre. Nous avons pu tourner la

(1) Krafft, *Berichte deuts. chem. Ges.*, 23, 1890, p. 2785.

difficulté de la manière suivante : tout comme dans l'uréthane éthylique, l'atome d'hydrogène du groupe — NH — de l'acétyluréthane $CH^3CONHCOOC^2H^5$ et de l'éther iminodicarbonique $NH(COOC^2H^5)^2$ est remplaçable par un métal alcalin. De plus, en traitant ces corps, en solution alcoolique, par une solution de potasse dans l'alcool absolu, les sels potassés correspondants précipitent quantitativement et on les isole aisément par essorage. Nous avons d'abord essayé de faire réagir le chlorure de benzyle sur ces dérivés potassés en présence de divers solvants organiques (éther, benzène, alcool absolu, alcool butylique), mais, suivant le solvant utilisé, ou bien on n'observe aucune réaction, ou bien on obtient une coupure du sel potassé avec formation d'uréthane éthylique.

Un essai de benzylation en l'absence de solvant nous conduisit, après un chauffage très prolongé, au résultat cherché. Finalement, en effectuant la benzylation au sein de l'uréthane éthylique utilisée comme solvant, nous sommes arrivés à mettre au point une méthode pratique d'alcoylation de l'acétyluréthane et de l'éther imino-dicarbonique. Nous avons préparé, par cette méthode, la benzylacétyluréthane

$$CH^3CON\begin{matrix}\diagup CH^2C^6H^5\\ \diagdown COOC^2H^5\end{matrix}$$

bouillant à 157°-158° sous 12^{mm}, avec un rendement de 86 pour 100, par hydratation bromhydrique, elle donne la benzylamine.

La butylation du même sel potassé conduit, non pas à la butylacétyluréthane attendue, mais à la butyluréthane. Il y a, en effet, élimination du groupe $CH^3.CO$ — de l'acétyluréthane, et on le retrouve à l'état d'acétate d'éthyle, tandis qu'une partie de l'uréthane éthylique se transforme en acide cyanurique. La butyluréthane, déjà préparée par Van Erp [1], donne, par hydrolyse, la butylamine.

Avec le sel potassé de l'éther imino-dicarbonique, nous avons préparé l'éther butylimino-dicarbonique $C^4H^9N.(COOC^2H^5)^2$ bouillant à 150° sous 7^{mm}, avec un rendement de 69 pour 100. Ces uréthanes n'avaient pas encore été signalées.

Par hydratation directe, au moyen d'acide bromhydrique à 48 pour 100 du produit brut de la condensation du sel potassé avec l'halogénure d'alcoyle, on obtient la butylamine et la benzylamine, avec un rendement d'au moins 80 pour 100 par rapport au sel potassé de l'éther imino-dicarbo-

(1) VAN ERP, *Recueil Trav. chim. Pays-Bas*, 14, 1895, p. 18.

nique. On a dans ce cas la suite des réactions :

$$KN\begin{cases}COOC^2H^5\\COOC^2H^5\end{cases} + RI \rightarrow RN\begin{cases}COOC^2H^5\\COOC^2H^5\end{cases}$$

$$RN\begin{cases}COOC^2H^5\\COOC^2H^5\end{cases} + 2H^2O \rightarrow RNH^2.$$

On voit que cette méthode constitue un procédé avantageux de préparation d'amines primaires. Elle présente encore un autre intérêt. On conçoit qu'en traitant le sel potassé de l'éther imino-dicarbonique par un dérivé halogéné quelconque, on pourra introduire la fonction amine dans une molécule, et obtenir, par exemple, des amino-acides et des amino-alcools.

MINÉRALOGIE. — *Rotation des cristaux flottant à la surface des liquides.* Note de M. **Paul Gaubert**.

Les mouvements de translation et de rotation de certaines substances solides flottant à la surface de l'eau ont été observés depuis longtemps. L'étude de ce phénomène, avec de nouvelles substances, m'a montré que tout corps solide, flottant à la surface d'un liquide au repos, peut tourner s'il est soluble dans ce dernier ou s'il est imbibé par une substance soluble, ce qui généralise les observations de Matteuci, de Serullas, etc. La forme cristalline n'est pas directement en cause, puisque des substances amorphes peuvent se déplacer, et cependant, pour préciser l'origine des mouvements, j'ai cru devoir examiner ce qui se produit avec des cristaux isolés.

Ceux-ci peuvent être soumis à des mouvements de translation et de rotation, quelle que soit leur taille, si leur densité est plus faible que celle du solvant et même plus élevée, s'ils sont très petits ou en lamelles très minces. Tel est le cas d'un grand nombre de substances : aspirine ($D = 1,39$), antipyrine ($D = 1,19$), acétamide ($D = 1,16$), acétanilide ($D = 1,211$), acide malonique, alcool cinnamique, codéine, coumarine, alcool cinnamique, etc.

Pour avoir des résultats constants, j'ai cherché des corps plus légers que l'eau. Ils sont rares. Mais l'isovaléramide ($D = 0,955$) fournit de bons matériaux d'étude. Elle cristallise en prismes très allongés appartenant probablement au système monoclinique (Kahrs), avec les faces $h^1(001)$ dominantes, $m(110)$, $a^1(\bar{1}01)$. En outre, j'ai obtenu des lamelles ayant 20^{mm}

de côté aplaties suivant h^1, perpendiculaires à une bissectrice (n_p). Le plan des axes optiques est dans g^1 et la bissectrice n_g est par conséquent suivant l'allongement des cristaux bacillaires.

Les indices de réfraction mesurés avec le réfractomètre à réflexion totale sont pour Na

$$n_g = 1,457; \quad n_m = 1,450; \quad n_p = 1,438.$$

Les cristaux en baguettes tournent avec une rapidité extraordinaire à la surface de l'eau; à l'œil, on ne peut suivre leurs mouvements et, étant très solubles, disparaissent en quelques secondes, cette propriété abrégeant leur existence en renouvelant la couche liquide avec laquelle ils sont en contact. Les grandes lames aplaties suivant $h^1(100)$ tournent moins vite. Les expériences étant faites avec un petit cristallisoir, les cristaux déposés successivement à la surface ont des mouvements de plus en plus lents et à un moment donné, la rotation et la translation n'ont plus lieu. Alors la couche voisine de la surface, arrivée à son point de saturation ($D = 0,99$ à 20°), ne dissout plus l'isovaléramide. L'agitation du liquide ou une faible élévation de la température rétablissent les mouvements, la couche liquide superficielle n'étant plus saturée. L'alcool abaissant la solubilité de l'isovaléramide, la vitesse de rotation diminue à mesure que sa proportion augmente dans le mélange et elle est nulle quand la densité de ce dernier tombe de 0,93 à 20°.

Si les faces $h^1(100)$ sont planes, il n'en est pas de même des faces latérales $m(110)$ plus ou moins dentelées irrégulièrement des deux côtés des lames. Aussi pour avoir des figures géométriques de forme constante, je les ai découpées dans des lames avec un rasoir, le corps étant assez mou.

Les figures ayant la forme d'un triangle isoscèle dont la hauteur est par exemple quatre fois plus longue que la base, progressent à la surface de l'eau l'angle le plus aigu en avant, comme si une force agissait vers le sommet perpendiculairement à la base. Il en est de même si l'angle du sommet est tronqué par une facette parallèle à la base. mais le mouvement est plus lent.

Cette translation en ligne directe est transitoire, les côtés du triangle à cause de l'imperfection des facettes artificielles ne se dissolvent pas également, il se produit un couple, le cristal tourne en décrivant des cercles de plus en plus petits jusqu'à sa disparition.

Les figures ayant la forme d'un triangle rectangle scalène, de parallélogrammes, de trapèzes, etc., tournent dans le même sens, si elles sont semblables

et orientées de la même manière. Naturellement, le cristal étant retourné sur le liquide, la rotation change de sens. Au lieu de laisser flotter librement les lames, on peut les laisser tourner autour d'une aiguille perçant ces dernières et maintenue verticalement. Les mouvements de rotation sont un peu ralentis mais ils sont plus faciles à suivre.

Les cristaux de thymol (rhomboédrique) donnent des résultats identiques à ceux d'isovaléramide. Bien qu'ils soient un peu plus denses que l'eau ($D = 1,035$) ils flottent, s'ils sont en lames très minces. Dans certaines conditions de cristallisation, ils se présentent en plaques très aplaties suivant une face du rhomboèdre. Déposés à la surface de l'eau, ces cristaux se déplacent et tournent très lentement par rapport à ceux d'isovaléramide, leur coefficient de solubilité étant beaucoup plus faible. Les faces latérales n'ayant pas le même développement, la translation ne se fait pas en ligne droite, mais plutôt sur une circonférence. Le mouvement de rotation qui accompagne souvent cette translation n'a pas toujours le même sens. Il change même de signe avec le même échantillon. Il est vrai qu'il faut très peu de chose pour cela. Ainsi, en appliquant un petit cristal (1^{mm} de côté par exemple) sur un des côtés d'une lame de 30^{mm}, le sens de la rotation est changé par le fait du glissement du premier sur l'arête du rhomboèdre de la lame.

A cause de la fragilité des cristaux de thymol pour découper des figures géométriques, il faut se servir non d'un rasoir mais d'un fil métallique chaud (point de fusion du thymol, 51°). Les résultats obtenus avec ces figures sont identiques quant à la translation et à la rotation avec ceux fournis par l'isovaléramide. Le mouvement est ici plus facile à suivre, mais au bout de peu de temps il est arrêté, le degré de saturation étant atteint.

Les quelques essais qui viennent d'être décrits montrent que les mouvements de translation et de rotation doivent être attribués à la séparation des molécules du cristal provoquant la formation de courants de diffusion partant de ce dernier. En somme les forces produisant ces mouvements rappellent celles qui agissent dans le recul des armes à feu et dans le tourniquet hydraulique.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique sur le Congo français.* Note de MM. **H. Lagotala** et **Ch. Couchet**, présentée par M. L. Cayeux.

L'étude détaillée de la région entre Mindouli et Boko-Songo nous a permis de noter des phénomènes tectoniques nouveaux. En plusieurs points

les assises des Grès des Cataractes et des Calcaires du Niari ont subi les unes par rapport aux autres des déplacements plus ou moins horizontaux déterminant des faciès de broyage, mylonites, des laminages, des surfaces de friction et la formation d'écailles et des coincements de couches.

A Boko-Songo les grès, sur lesquels se trouve l'ancien poste administratif, sont en contact anormal par faille avec les calcaires dans le ravin de la Loudima à l'Est du poste. Ces grès présentent dans leur masse une zone broyée subhorizontale, bien distincte de la brèche sédimentaire qui se trouve plus bas. A Kingoy, ravin de la Louzounai, vallée de la Mounié, une masse de grès minéralisés est séparée vers le haut des grès compacts stériles par une zone broyée et décomposée.

Près de Kibouda, au Nord de Loudima et près du confluent de la Louitzi et du Niari, Ghitulescu, dans sa mission de 1930, a trouvé une mylonite au contact des calcaires et des grès. C'est à Mindouli que nous avons trouvé, au contact grès-calcaires, la mylonite la plus typique. Immédiatement sous les grès nous notons une couche formée de blocs de grès et de blocs calcaires empâtés dans de l'argile et supportés par un petit lit de calcite. En dessous se trouvent des calcaires siliceux ondulés. Dans toute la région, en dehors de brèches sédimentaires, les calcaires présentent des niveaux écrasés, laminés avec de gros blocs coincés dans des calcaires en plaquettes. Les coincements de couches calcaires sont particulièrement visibles dans les travaux miniers. C'est également dans ces travaux que nous avons pu constater le laminage d'un banc d'oolites et sa disparition dans une zone schisteuse. La surface des calcaires est fréquemment recouverte d'un enduit talqueux souvent noir, qui leur donne un aspect lustré. Ces surfaces, horizontales, sont striées.

Dans la vallée de la Mounié à Kiodi, sur le versant méridional des Monts Gouéris, se trouve une véritable écaille de grès minéralisés par du sulfure de cuivre. Cette écaille est formée par de gros blocs empâtés dans une masse argilo-sablonneuse et entourée de tous côtés, en haut et en bas par des grès compacts non minéralisés. Le point le plus proche d'où aurait pu se détacher cette masse se trouve à environ 2^{km} au Sud dans le voisinage des Kingoy. Enfin non loin de là, dans le ravin de Pokodi, se trouvent des blocs de grès minéralisés reposant sur des bancs gréseux en place, mais non minéralisés. Aux alentours, les grès que nous avons pu étudier ne présentent aucun des caractères des blocs minéralisés. Nous ne pouvons les expliquer que comme le résultat de l'érosion d'une écaille semblable à celle de Kiodi.

Nous ne voulons pour l'instant qu'insister sur l'importance de ces mou-

vements et sur leur généralité. Ces déplacements horizontaux des couches pourraient expliquer bien des anomalies des séries stratigraphiques et leur manque de correspondance. Le fait que les Grès des Cataractes ne reposent pas toujours sur les mêmes assises calcaires peut s'expliquer par une érosion des calcaires précédant le dépôt des grès, mais on pourrait aussi y voir le résultat de ces mouvements tectoniques provoquant de légers charriages.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la chaîne cantabrique.*
Note de M. **Louis Mengaud**, présentée par M. Ch. Jacob.

En 1912, M. Léon Bertrand et moi (¹) avons admis que la chaîne cantabrique, entre Santander et Llanes, était « formée de nappes superposées venues du Sud, déformées par des accidents secondaires ayant produit des plis fortement déversés au Sud et même de vrais chevauchements dans cette direction ». C'est la même interprétation que j'ai donnée en 1920 dans mes *Recherches géologiques dans la région cantabrique* (p. 295-325).

M. J. Thoreau, ayant étudié en 1916 les environs de Torrelavega et Cabezon-de-la-Sal, publia en 1925 le résultat de ses travaux (²). Tout en admettant l'existence de nappes charriées dans cette région, il émettait cependant une opinion différente de la mienne quant à la composition et la disposition de ces diverses nappes.

D'autre part quelques géologues espagnols, et notamment MM. Pacheco et Patac, ont contesté l'existence de nappes de recouvrement dans la cordillère cantabrique et leurs arguments ont été repris et appuyés en 1927 par M. Wilhelm Kegel (³).

Au cours de cet automne, en compagnie de MM. Jacob et Ciry, j'ai eu l'occasion de revoir une partie de la région cantabrique et les observations que nous avons faites contradictoirement sur le terrain *m'entraînent à rejeter l'existence des nappes que j'admettais* et à rectifier mes conclusions antérieures.

I. *La fenêtre de Lebeña.* — L'examen attentif des couches noires de Lebeña nous a montré que leur analogie avec les marnes albiennes est tout à fait locale et superficielle.

On est en présence d'un complexe de schistes très foncés alternant avec

(¹) *Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, 12, 1912, p. 504-515.
(²) *Mém. de l'Institut géologique de l'Université de Louvain*, 3, 1925, p. 119-147.
(³) *Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft*, 79, 1927, p. 81-88, 5 fig.

des bancs de grès et de poudingues. Ces derniers renferment, surtout au Sud de Lebeña, des fragments d'assez grande taille de calcaires du Carbonifère inférieur, parfois fossilifères (Encrines). Cette formation, qui repose indiscutablement sur le Carbonifère inférieur, est identique à celle de Potes que nos confrères espagnols assimilent au Carbonifère supérieur; elle est d'ailleurs en continuité avec elle, vers le S-W, par la région de Pendes, Colio et Cabañes. Selon M. J. Patac, cité par M. Kegel, ces dépôts ont fourni en certains points une faune et une flore du Carbonifère supérieur.

La prétendue fenêtre de Lebeña n'est qu'une simple digitation du grand synclinal de Potes.

II. *Terminaison périclinale de la Sierra plana côtière (Alto de Prellezo) au Nord-Ouest de San Vicente de la Barquera.* — La masse de grès paléozoïques, en bancs très redressés mais à pendage Nord, de l'Alto de Prellezo, est recouverte sur son versant Nord et avec un pendage analogue, de couches charbonneuses et de calcaires rouges en dalles minces, le tout n'excédant pas quelques mètres, ensuite d'un ensemble puissant de calcaires et dolomies saccharoïdes du Carbonifère inférieur renfermant des bancs à Encrines. Les calcaires carbonifères dessinent vers le Nord-Est une voûte très nette sur laquelle reposent, également disposés en voûte, des calcaires urgoniens fossilifères, puis du Cénomanien et finalement du Sénonien bien datés.

Il y a donc là un anticlinal enraciné, redressé, couché au Sud, dont l'axe s'ennoie vers le Nord-Est sous une couverture crétacée à double pendage évident : *c'est donc une terminaison périclinale typique.*

III. *Les deux flancs de l'anticlinal de l'Alto de Prellezo.* — Leur allure est dissymétrique et, si le flanc Nord est complet (avec pendage de 10° NW dans l'Urgonien), le flanc Sud est étiré et coupe obliquement, en les chevauchant, le Crétacé et le Nummulitique. Le chevauchement sur le Nummulitique, fossilifère et plongeant d'environ 50° N, s'observe sur la rive droite de Tina mayor près du chemin de Unquera à Pechón.

L'anticlinal de l'Alto de Prellezo est donc couché au Sud et son flanc méridional chevauche le Crétacé et le Nummulitique du Synclinal de San Vicente de la Barquera-Colombres.

En résumé, d'après notre récente étude de la région cantabrique, je suis amené à en concevoir la tectonique de la manière suivante :

1° Le massif des Picos de Europa, où dominent surtout les calcaires du Carbonifère inférieur, *est un ensemble anticlinal enraciné, accidenté de synclinaux secondaires, et s'ennoyant vers l'Est.*

Il présente d'importantes digitations anticlinales dont la principale est celle que l'on peut suivre sur une soixantaine de kilomètres des Montes de Arria à la Sierra del Caballar par la crête de l'Escudo de Cabuerniga.

2° *Tous ces plis anticlinaux et synclinaux sont poussés au Sud*, d'où une structure dissymétrique, chevauchement sur le Secondaire ou le Tertiaire des synclinaux et souvent disparition du flanc Sud des anticlinaux par étirement.

3° On observe en outre de *grands accidents transversaux* dont le plus important est celui que l'on suit de l'Ouest de Treceño à Cabiedes et Comillas et dans lequel monte du Trias gypso-salifère. Ces accidents, orientés en gros N-S, s'accompagnent de failles secondaires, telles les failles de Toporias dans la région crétacée minéralisée d'Udias, dont la faille occidentale a été signalée pour la première fois par M. J. Thoreau (*loc. cit.*, p. 134).

L'accident transversal Treceño-Comillas coupe en deux l'aire synclinale San Vicente de la Barquera-Santander, *avec surélévation de la partie orientale* et détermine ainsi l'individualité des deux bassins de San Vicente et de Santander.

GÉOLOGIE. — *Sur la signification tectonique des plissements intéressant l'Éocène à l'Est de Kasbah Tadla (Maroc central).* Note de M. **P. Russo**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au Sud-Est de Kasbah Tadla, entre Gherm el Alem et la trouée de Ksiba, se montre une série, orientée NE-SW, de petites collines où se retrouve la faunule de Turritelles que j'ai recueillie en 1914 et 1915 vers K. Tadla et dont les déterminations, faites par Ch. Depéret, furent publiées en 1920 [1].

Les assises constituant ces collines sont de haut en bas :

1° Conglomérat à gros éléments bien roulés;

2° Calcaires siliceux et bancs de silex à *Turritella Blankenhorni* Oppenh., *Mesalia* cf. *Wateleti* Deshayes, *Turritella* sp., Bivalves brisés;

3° Calcaires gris et sables phosphatés avec vertèbres de Sélaciens indéterminables;

4° Grès siliceux blancs.

---

[1] P. Russo, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 121-122.

Ces assises sont redressées presque à la verticale dans la partie des collines qui regarde le Sud-Est, mais elles s'infléchissent vers le Nord-Ouest pour dessiner un anticlinal. Celui-ci ne s'achève pas; une faille ou l'érosion ont fait disparaître son flanc Nord-Ouest.

La partie redressée presque à la verticale borde une vallée étroite de même orientation que les assises; elle en forme le flanc Nord-Ouest, c'est-à-dire est dirigée Nord-Est. Le flanc Sud-Est de cette vallée est formé d'assises liasiques presque horizontales (pendage 4° vers le Sud-Est) laissant souvent apercevoir au-dessous d'elles le Trias rouge argilo-gypso-salin. Il y a là une faille avec un fort rejet négatif des assises phosphatées.

Ces mêmes assises phosphatées se retrouvent à 20^{km} de là, vers l'Ouest, subhorizontales (pendage 8° vers le Sud-Est) et disparaissent sous les dépôts oligo-miocènes et quaternaires de la plaine du Radla. Dans les puits proches du pied des collines, on n'a jamais atteint, quoique l'on soit descendu à 60^{m} de profondeur, ces assises ni les couches à Turritelles, mais seulement le Quaternaire ou l'Oligo-miocène. Au contraire, on les voit brusquement surgir dans les collines, à l'altitude relative de 50^{m} environ. Il semble bien qu'il faille admettre une fracture.

Quoi qu'il en soit, il y a au moins une et probablement deux fractures parallèles à l'axe général des plissements atlasiens dans cette région. Ces fractures accompagnent un pli très brusque, intéressant des couches à *Turitella Blankenhorni* et à *Mesalia* cf. *Wateleti*, donc des couches lutétiennes ou yprésiennes. Au-dessus de ces couches, nous trouvons, intéressées par le même mouvement, des assises de conglomérats que l'absence de fossiles ne permet pas de dater avee exactitude, mais que la ressemblance de leur cachet général avec celui des assises attribuées dans les régions Nord-africaines à l'Oligo-miocène et leur position au-dessus du Lutétien me portent à considérer comme devant être parallélisées avec les dépôts continentaux décrits par M. Savornin et ailleurs par Flamand, comme oligo-miocènes. J'ai déjà constaté, mais non encore décrit, dans la région orientale de Bou Rached le relèvement et le plissement de dépôts antérieurs au Miocène détritique fossilifère de Ras el Ksar, et constitués par des conglomérats semblables à ceux de Ghorm el Alem, où je vois de l'Oligo-miocène.

Le pli de Ghorm el Alem indiquerait donc que, dans cette région, *la bordure du Moyen Atlas a été intéressée par des mouvements non seulement post-lutétiens, mais même postérieurs au dépôt des grands conglomérats, donc post-oligocènes.*

GÉOLOGIE. — *Sur les environs de Bauduen* (*Var*). Note de M. **Albert de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours d'études géologiques en Haute-Provence, j'ai eu l'occasion de revoir les environs de Bauduen (canton d'Aups), qui tirent un intérêt particulier du fait que du Jurassique supérieur y repose sur du Tertiaire inférieur (niveaux de Rognac et de Vitrolles). Une succession anormale de ce genre, avec des lambeaux de Jurassique reposant sur le même Tertiaire inférieur, se rencontre également à 12^{km} au Sud-Ouest, dans la région de Quinson. La comparaison cartographique de ces deux localités a suggéré à E. Haug l'idée de raccorder le Jurassique supérieur de Quinson avec celui de Bauduen, par-dessus le Tertiaire inférieur, qui repose lui-même sur un Jurassique autochtone affleurant en un large dôme entre Quinson et Bauduen. On aurait ainsi une nappe provençale venue du Sud-Ouest, s'enracinant à Quinson, et s'étendant au Nord-Est au delà de Bauduen [1].

L'examen détaillé des environs de Bauduen ne me paraît pas confirmer cette manière de voir. Il y a bien repos anormal du Jurassique sur du Tertiaire inférieur, mais, tant au Nord qu'au Sud, l'accident de Bauduen prend fin, et le Jurassique dessine deux terminaisons périclinales des plus nettes [2].

Au Nord, aux rochers de Garruby, on constate que les calcaires blancs du Jurassique supérieur, plongeant à l'Est à Jasson, tournent ensuite au Nord, au Nord-Ouest, et enfin à l'Ouest, avec des pendages qui, en s'accentuant beaucoup, sont tous périphériques, c'est-à-dire Nord, puis Nord-Ouest et enfin Ouest. L'Hauterivien, très redressé lui aussi, est appliqué contre les bancs du calcaire Jurassique par l'intermédiaire des couches de passage (Valanginien), à la tête du pont de Garruby, et surtout à 800^{m} au Sud-Ouest, sous la forme de calcaires à débris de coquilles et de marnes jaunes, avec *Toxaster Lorioli* Lamb. très abondant, *Terebratula prælonga* Sow, des Lamellibranches et des Polypiers peu déterminables. Cet Hauterivien présente un faciès peu profond.

Suivant l'ancien chemin de Bauduen, qui de l'affleurement hauterivien se dirige vers le Sud, on constate que ces calcaires marneux deviennent bientôt verticaux, puis se renversent et disparaissent sous le Jurassique supérieur qui désormais jusqu'à Bauduen repose sur les sables et argiles micacées du Tertiaire inférieur.

A noter, au pont de Garruby, un enveloppement supplémentaire par du calcaire lacustre pontien à *Helix Christoli* Math., discordant sur le Jurassique supérieur. Ce calcaire lacustre plonge lui-même au Nord-Est, puis au Nord. Ce serait une répercussion jusqu'en ce point des mouvements alpins post-miocènes, qui depuis le Nord de

[1] E. Haug, *Mém. Carte géol. de la France*, 11, 1930, p. 157.

[2] Suivre sur la feuille géologique de Castellane, au 80000e.

Digne jusqu'à Moutiers-Sainte-Marie et Aiguines ont affecté le calcaire lacustre et les poudingues du Pontien.

A l'Est de Bauduen, au milieu des éboulis épais qui occupent le cirque dessiné pas la falaise jurassique, j'ai découvert un affleurement de calcaires marneux hauteriviens, avec *Toxaster Lorioli* Lamb. Cet affleurement est situé dans le prolongement de celui dont il a été question plus haut, et qui, en se dirigeant vers le Sud, disparaissait sous le Jurassique. Le Tertiaire inférieur n'occupe donc pas le cirque sous les éboulis. Ce fait, joint à la présence, à la Chapelle N. D. au Sud de Bauduen, d'un lambeau de recouvrement certain, formé de calcaire jurassique supérieur mylonitisé, permet d'évaluer à 1^{km} environ l'amplitude du chevauchement.

Au Sud, la terminaison du pli de Bauduen est bien visible à Saint-André-le-Haut. En ce point, les bancs du Jurassique supérieur, progressivement envahis par le faciès dolomitique, chevauchent légérement le Tertiaire inférieur. En allant au Nord-Est vers le Jas Neuf, on les voit très rapidement devenir verticaux, puis plonger régulièrement au Nord-Est. Tandis que si l'on se dirige au Sud-Est de Saint-André, le même Jurassique, de plus en plus dolomitisé, s'enfonce doucement sous les argiles rouges tertiaires.

A cela s'ajoute que le synclinal accompagnant à l'Ouest l'accident de Bauduen se ferme aussi progressivement vers le Sud-Est dans la direction des Aumades; mais il est encore marqué durant 16^{km} au Sud-Est, par un alignement de lambeaux discontinus et peu épais de sables bariolés et argiles micacées, reposant sur le Jurassique supérieur à la Daire, à Vérignon, à Marcoux et à Ampus (1).

Le pli de Bauduen apparaît ainsi comme un brachyanticlinal couché vers le Sud-Ouest, long de près de 10^{km}, avec terminaisons périclinales au Nord comme au Sud, et, dans la partie moyenne, un chevauchement dont l'amplitude visible est de l'ordre de 1^{km}.

Dans la région, on n'a donc affaire qu'à *une seule série*, affectée localement du *pli de Bauduen* poussé vers le Sud-Est, et du *pli de Quinson* poussé vers le Nord-Est. Le pli de Quinson est également sans grande continuité latérale, au moins vers le Nord. Les pendages montrent qu'il se termine au Nord-Ouest du village de Quinson dans la masse jurassique, et il ne se relie pas dans cette direction au pli d'Esparon-du-Verdon. J'ai pu m'assurer de la terminaison manifeste de ce dernier, dont l'axe tourne au Nord-Est entre le Verdon et le village d'Esparron.

L'âge du pli de Quinson, probablement provençal, et l'âge du pli de Bauduen, probablement alpin, restent à préciser; mais quoi qu'il advienne, ces deux plis sont seulement des accidents de détail dans la série continue dont il a été question plus haut.

(1) Voir la Feuille de Draguignan, dont les contours sont du reste à reprendre dans cette région.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Une levée de galets et une plate-forme littorale fossiles dans les falaises de Trez-Bihan à Telgruc (Finistère).* Note de M. **Francis Ruellan**.

Sur la rive nord de l'anse de Trez-Bihan à Telgruc (Baie de Douarnenez) et non loin du fond de cette crique, j'ai observé dans la falaise, verticale à cet endroit, des galets enrobés dans une terre jaune argilo-sableuse qui a généralement la texture d'une boue limoneuse mais qui contient quelques fragments anguleux.

Cette levée de galets est surmontée jusqu'au sommet de la falaise, situé à 30^m d'altitude absolue, par un dépôt plus grossier que celui qui les enrobe et d'une couleur jaune foncé, dépôt contenant des blocs et des petits cailloux anguleux.

C'est dans cette falaise prolongée jusqu'au rocher du Guern que se trouve le contact entre les schistes et grès brioveriens (X) et les poudingues pourprés cambriens (S1a). Les poudingues dominent dans les hauteurs du promontoire dont l'altitude varie de 80 à 100^m; ils abondent parmi les blocs et cailloux anguleux, mais ils sont rares dans la levée de galets fossile. Dans le cordon littoral vivant du fond de l'anse, on trouve, au contraire, beaucoup de galets de poudingues pourprés détachés sans doute des gros blocs de même nature qui forment des chaos sur l'estran au pied de la falaise nord de la crique.

Le cordon littoral fossile a une épaisseur de 5 à 6^m. Le sommet de l'affleurement forme une ligne horizontale située à l'altitude absolue de 10^m environ et à 4^m,50 ou 5^m au-dessus du sommet de la levée actuelle. La levée fossile représente donc un niveau marin plus haut de 5^m que le niveau actuel dans les hautes mers de vives eaux. La plate-forme littorale fossile, nettement usée et polie, s'enfonce sous la falaise exactement au niveau du sommet de la levée de galets actuelle. La levée de galets fossile s'abaisse à l'Ouest vers l'ouverture de la crique en même temps que son épaisseur diminue jusqu'à 50^{cm} au-dessus de l'ancienne plate-forme littorale, ce qui indiquerait peut-être une limite de l'ancienne plage et donnerait alors la direction de l'ancien rivage. A l'Est, vers le fond de la crique, la levée de galets fossile disparaît brusquement, sans doute parce que l'érosion marine récente a fait reculer la côte comme on l'observe généralement dans la baie

de Douarnenez si largement ouverte vers l'Ouest que le cadastre même fournit de nombreuses preuves du recul de la côte.

Dans la pâte qui les emballe, les galets de la levée fossile sont séparés les uns des autres par une épaisseur de limon qui varie de quelques millimètres à 1^{cm}, si bien qu'un galet retiré de la falaise laisse une empreinte dans l'argile fine qui masque les galets contigus. Certains galets enfin sont placés verticalement, et beaucoup sont éclatés de telle manière que le limon jaune est venu s'intercaler entre les morceaux, fait très important qui montre que l'on se trouve en présence d'un phénomène de solifluction. La coulée pierreuse qui surmonte la levée de galets fossile a, d'ailleurs, tous les caractères d'un « Head », et c'est à une coulée de boue entraînant quelques fragments anguleux qu'il faut attribuer l'imprégnation de la levée elle-même, cette boue pénétrant jusque dans les cassures des galets éclatés.

On a daté généralement du monastirien des levées de galets fossiles semblables, et nous admettrons cet âge dans un sens général, mais il est difficile de fonder sur l'observation des altitudes une chronologie rigoureuse des dépôts analogues, car les phénomènes de solifluction ont souvent déplacé les galets. Des poches remplies d'argile à petits fragments anguleux s'intercalent dans le corps de la levée de galets où elles marquent un décollement par paquets. C'est avec cette même réserve concernant des déplacements possibles que l'amincissement de la levée de galets peut fournir des indications sur l'ancien tracé du rivage.

Nous n'avons pas trouvé de galets exotiques à Trez-Bihan, ce qui n'est pas étonnant car les glaces de dérive étaient certainement plus rares à l'intérieur d'une baie comme celle de Douarnenez que sur le littoral de l'Océan ou de la Manche. Il faut en effet se rappeler que dans les régions subpolaires les baies restent plus longtemps gelées que la mer libre, obstacle absolu pendant ce temps à l'entrée des glaces de dérive qui ont transporté, selon toute vraisemblance, les roches exotiques trouvées dans d'autres gisements.

Il faut remarquer que l'érosion actuelle, consécutive aux transgressions flandrienne et dunkerquienne, a souvent réussi à dégager les galets fossiles qui forment dès lors en partie la levée de galets vivante du fond de la crique ; elle a fait aussi tomber sur l'estran les blocs de poudingues qui surmontent l'ancienne levée de galets. Les phénomènes de solifluction facilitent donc le travail de l'érosion littorale récente qui nous semble avoir dépassé en bien des points la limite atteinte par la falaise ou les levées de galets

du monastirien. Aussi insistons-nous, après MM. Bigot, Dangeard et Milon, pour que l'on accorde une grande attention aux formes littorales qui peuvent résulter de cette combinaison du travail de l'érosion marine et des phénomènes de solifluction périglaciaire.

Un point me paraît particulièrement important. Les blocaux et limons qui ont enseveli les plates-formes et les dépôts littoraux monastiriens ne portent pas trace d'action marine. Ils ont donc fort probablement coulé lors de la régression post-monastirienne, bien que l'ameublissement des matériaux de solifluction ait pu être préparé par des actions glaciaires précédentes, mais les galets exotiques que l'on a souvent signalés en place dans les cordons littoraux monastiriens y ont été amenés à la suite de débâcles antérieures au monastirien ou au plus contemporaines de cette période. Les cordons littoraux qui, d'une part, contiennent des galets exotiques et sont, d'autre part, imprégnés de coulées limoneuses et surmontés de coulées pierreuses, portent donc l'empreinte d'au moins deux actions périglaciaires qui correspondent peut-être à deux périodes de glaciation séparées par la transgression monastirienne.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le degré géothermique en Limagne.* Note de M. G. **Grenet**, présentée par M. Ch. Maurain.

Une détermination du degré géothermique a été faite à Macholles près de Riom, la valeur trouvée est $14^m,16$. A.-Michel Lévy (1) auteur de cette mesure pense qu'une valeur aussi faible « est due aux dernières manifestations volcaniques : fumerolles carburées, sources thermales, etc., dont la Limagne est encore le théâtre ». J'ai jugé intéressant de profiter d'un sondage situé 30^{km} au sud de Macholles pour vérifier la constance du degré géothermique dans la région.

Ce sondage se trouve à 15^{km} au sud de Clermont-Ferrand, près de la colline de Gergovie à 1^{km} au sud-ouest du village du même nom. Sa profondeur est 200^m et il est situé tout entier dans les marnes Stampiennes.

Un thermomètre à maximum à déversement du type de Walferdin a été laissé toute une nuit dans le sondage, à une profondeur de $192^m,20$; il a atteint la température de $25^\circ,0$. La température de l'air au niveau du sondage étant $10^\circ,3$, le degré géothermique est : $192/25 - 10^\circ,3 = 13^m,1$, soit $7^\circ,6$ par 100^m.

(1) A.-Michel Lévy, *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 1503.

Cette détermination, en bon accord avec celle de Macholles, confirme l'hypothèse que le degré géothermique est de l'ordre de 14^m dans une grande partie de la Limagne.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur quelques mesures d'anomalies magnétiques à Madagascar*. Note de M. **A. Savornin**.

Les anomalies magnétiques sont fréquentes à Madagascar; leurs causes sont variées, et l'on peut rarement les définir de façon précise. Récemment, j'ai fait simultanément des levers géologiques et des mesures de déclinaisons magnétiques dans les régions de Benenitra et de Fenoarivo-Tsimbolovolo. La comparaison des résultats permet de rapporter quelques anomalies à des phénomènes géologiques.

Les mesures de déclinaisons magnétiques ont été faites en mai et juin 1932, à des jours où le magnétographe de l'Observatoire de Tananarive n'a pas enregistré de perturbations supérieures à 2 minutes. En voici les résultats :

	x (1).	*y* (1).	*d.*
Sambilaneto (Isalo)	327.500	270.200	11°.12′W
Ampahidroy (sommet)	327.000	276.200	8.15 W
Sud de Soaravina	322.150	276.350	8.29 W
Iahira (sommet)	322.150	294.950	11.57 W
Betsipoy (village)	321.800	300.850	9.47 W
Ouest d'Antsokaka	314.400	271.550	11.32 W
Antsokaka (village)	314.150	274.200	11.45 W
Behana (arbre isolé)	308.650	278.850	11.43 W
Ivohiby (1er ordre S.G.M.)	308.350	290.650	15.38 E
Ambatovaka (sommet)	301.750	264.950	10.48 W
Vohibondro N (3e ordre S.G.M.)	301.950	270.450	11.32 W
Sahanifa (sommet E Ampasindrasoa)	303.850	279.450	11.44 W
Mahabo (village)	292.500	243.000	11.16 W
Ouest de Benenitra (P.A.)	295.200	259.350	11.11 W
Est de Iankara (village)	290.350	268.450	11.25 W
Nord-Est de Vohibory (sommet)	276.000	247.500	17.09 W
Ouest d'Ambindavato (3e ordre S.G.M.)	260.250	232.350	13.12 W
Ct Ianapera Berenty	263.250	266.600	11.52 W
Marovitsika (sommet)	841.550	320.550	8.11 W
Tsimbolovolo (Toby N)	842.750	323.700	5.28 W
Dandarina (sommet)	851.950	394.650	7.01 W
Antananolobe (sommet)	841.800	408.350	2.21 E
Ankaroka (1er ordre S.G.M.)	847.700	372.650	6.12 W

(1) Les points sont définis par leurs coordonnées rectangulaires arrondies à 50^m (projection Laborie).

Dans la région de Benenitra, la déclinaison normale est voisine de 11°45′ W; les principales anomalies sont les suivantes :

Anomalies de la faille de l'Ampahidroy. — Le contact de la série rouge supérieure et des couches de la Sakamena se fait par faille depuis Vohibondro jusqu'au nord de Soaravina; l'anomalie est toujours par défaut et atteint 2°30′ (Ampahidroy, sud de Soaravina); elle est plus faible à Vohibondro et Ambatovaka et disparaît presque (15′) vers Antsokaka, où l'ampleur du rejet diminue beaucoup.

Anommalies d'Ivohiby et de Betsipoy. — Elles sont de 26° et 2° par défaut et sont dues probablement à l'existence dans le voisinage d'intrusions de pegmatites à magnétite.

Anomalie d'Ambindavato (2° par excès). — Elle peut être expliquée, d'une part par la présence d'un massif de serpentine, d'autre part par une tectonique spéciale à la région : les gneiss y sont localement dirigés E-W au lieu de l'être N-S.

Seule l'anomalie du nord-est de Vohibory (5°20′ par excès) ne trouve pas d'explication satisfaisante : il faudrait admettre une extension en profondeur du massif de serpentine de Vohibory, distant de 5 kilomètres.

Par contre, la présence de bancs de cipolins (Ct Ianapera-Berenty) et le contact normal sédimentaire-cristallin (Benenitra-Iankara et Sahanifa-Behana, ne semblent pas causer d'anomalies.

Dans la région de Fenoarivo-Tsimbolovolo, à peu près sur la parallèle de Tananarive, la déclinaison normale doit être voisine de 8°10′ W; on ne retrouve cette valeur qu'à Marovitsika; les quatre autres mesures décèlent des anomalies.

L'anomalie de Tsimbolovolo s'explique par la présence des quartzites à magnétite : elle est par défaut, comme à Ivohiby et à Betsipoy. Les trois autres anomalies peuvent être dues soit à des venues de pegmatites à magnetite visibles sur le point (Dandarina : 1°10′ par défaut), soit à la tectonique tourmentée. Alors que la direction normale des gneiss est sensiblement N-S, Antananolobe (anomalie : 10°10′) se trouve sur le flanc Nord d'un anticlinal E-W, et Ankaroka (anomalie 2°) sur un filon de quartz E-W, interstratifié dans des gneiss subverticaux.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouveau procédé de préparation de la marrubiine.* Note de MM. **L.-J.** et **F. Mercier**, présentée par M. Desgrez.

Au cours de recherches sur le marrube, nous avons été amenés à extraire de la plante certains des composés organiques qu'elle contient, en particulier la marrubiine.

Isolée pour la première fois du marrube par Ludwig et Kromayer (1), la marrubiine a fait l'objet des travaux de Hertel (2), de Morrisson (3), de Matusow (4) et, plus récemment, de Gordin (5).

Alors que les précédents expérimentateurs n'avaient obtenu que des corps impurs, mal cristallisés, Gordin a pu fixer non seulement la formule de la marrubiine, mais encore donner de ce corps une étude cristallographique documentée. La marrubiine, telle que l'a préparée Gordin, correspond à la formule $C^{21}H^{28}O^4$ et possède une fonction lactone $C^{20}H^{28}O^2CO$;

$$\underbrace{\qquad\qquad\quad}_{\text{O}}$$

son point de fusion est 154°,5-155°; elle est très soluble dans l'acétone à froid; très soluble dans l'alcool bouillant, elle se dissout dans 60 parties d'alcool à froid; elle est très peu soluble : dans l'éther, dans l'éther de pétrole, pratiquement insoluble dans l'eau (1 partie pour 30000).

Pour préparer la marrubiine, nous avons utilisé tout d'abord la méthode de Gordin, méthode qui peut se résumer ainsi : la plante est epuisée par percolation au moyen de l'acétone ; ce solvant est distillé au vide et le résidu de la distillation épuisé à plusieurs reprises par l'éther de pétrole; étant donnée la faible solubilité de la marrubiine dans ce solvant, ce dernier n'entraîne pratiquement que la chlorophylle. Lorsque celle-ci est presque totalement éliminée, ce qui nécessite de grandes quantités d'éther de pétrole, on épuise la masse par de l'eau chaude à plusieurs reprises afin d'en éliminer les sels minéraux, puis on la dissout dans quantité suffisante d'alcool bouillant. Par refroidissement, la marrubiine cristallise en masse ; on lave ces cristaux, assez fortement teintés de vert, par l'alcool froid, et par recristallisations successives à partir de l'alcool bouillant et en présence du noir animal, on obtient finalement les cristaux répondant aux caractéristiques chimiques et cristallographiques fixées par Gordin.

Cette méthode, très longue, nécessitant de multiples opérations et des quantités considérables de solvants volatils, ne nous a pas donné toute satisfaction, attendu qu'il est très difficile, en procédant ainsi, d'arriver au corps, pratiquement incolore, cristallisé et de point de fusion constant préparé par

(1) *Archiv der Pharmacie*, 158, 1861, p. 157.
(2) *Amer. Journ. of Pharmacy*, 62, 1890, p. 273-274.
(3) *Amer. Journ. of Pharmacy*, 62, 1890, p. 327-329.
(4) *Amer. Journ. of Pharmacy*, 69, 1897, p. 201-209.
(5) *Journ. of Amer. chemic. Soc.*, 30, 1908, p. 265-271.

Gordin; la marrubiine reste colorée en vert jaunâtre malgré des passages répétés au noir animal, non du fait de la chlorophylle, mais de celui d'une substance résineuse difficile à éliminer.

Nous avons pu mettre au point une méthode de préparation plus simple que la précédente, présentant surtout l'avantage de donner un produit cristallisé incolore, et qui nous a paru plus pur que celui de Gordin, son point de fusion étant plus élevé de 2°,5 à 3°.

Comme Gordin, nous partons de l'extrait acétonique de marrube préparé par percolation à froid. Cet extrait est amené, par distillation du solvant, à consistance pâteuse, puis délayé dans 10 fois son poids d'éther, qui entraîne la chlorophylle, beaucoup mieux que l'éther de pétrole; au bout de 15 heures de contact, on décante l'éther qui a entraîné la majeure partie de la chlorophylle. Le résidu insoluble, constitué par des cristaux de marrubiine brute colorés en vert pâle, est alors lavé 2 à 3 fois à l'éther puis séché sur filtre. Cette marrubiine brute est alors mise en solution dans quantité suffisante d'alcool bouillant dans lequel on a préalablement dissous 5 pour 100 de potasse caustique; on porte à l'ébullition pendant 10 minutes au réfrigérant à reflux; à ce moment la dissolution de la marrubiine étant complète et le liquide alcoolique bien clair, on ajoute un grand excès d'eau froide; la marrubiine précipite, mais les sels minéraux, les corps résineux et la chlorophylle restent en solution dans le mélange eau et alcool potassique, il en est de même pour la petite quantité de marrubinate de potassium qui a pu se former pendant l'ébullition.

La marrubiine ainsi précipitée est recueillie sur un filtre, puis lavée : 1° avec une solution aqueuse très étendue de potasse (0,05 pour 100°); 2° à plusieurs reprises avec de l'eau distillée jusqu'à neutralité des eaux de filtration. Elle est ensuite séchée à l'étuve, redissoute dans l'alcool bouillant, solution à partir de laquelle on la fait cristalliser par refroidissement en beaux cristaux translucides, présentant les caractéristiques cristallographiques fixés par Gordin, mais fondant à 157°,5-157°,8.

Ce point de fusion nous semble devoir être retenu comme celui de la marrubiine chimiquement pure.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur l'anabiose et la reviviscence des plantules du Blé.* Note de M. **Em. Miège**, présentée par M. Blaringhem.

Des grains de deux variétés de blé tendre *Triticum vulgare* H. (var. *albidum* K. n° 335 et var. *albidum* K. n° 1330) mis en seconde germination durant 9 jours, après une dessiccation de deux semaines suivant la première germination ayant duré 3, 4 et 6 jours, ont donné : après une deuxième dessiccation de 15 jours = 93 pour 100 de levée pour le n° 335 et 83

pour 100 pour le n° 1330; après une deuxième dessiccation de 1 mois et demi = 32 pour 100 de levée pour le n° 335 et 24 pour 100 pour le n° 1330. Dans une autre série d'essais, des grains de plusieurs variétés de *Triticum vulgare* H. et de *Triticum durum* Desf. soumis à cinq dessiccations successives d'une durée de 15 jours chacune, suivant des germinations de 3 jours, ont donné les résultats suivants :

Pourcentage des plantules vivantes après plusieurs dessiccations.

	Dessiccation				
	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.
Triticum vulgare H. :					
Var. n° 335	95	90	80	75	60
» 422	98	95	85	80	70
» 284	90	80	75	70	55
Triticum durum Desf. :					
Var. n° 250	85	80	72	70	50

Il ressort de ces observations que, contrairement à l'opinion généralement admise, les semences de céréales n'ont pas totalement perdu leur faculté germinative après plusieurs développements suivis de dessiccations répétées.

Toutefois, l'examen minutieux des plantules au cours de leurs diverses reprises de croissance apporte certaines précisions sur le processus de cette sorte de reviviscence et impose des réserves aux conclusions précédentes.

Au premier développement, l'embryon donne naissance à une tigelle et à une, puis à deux autres racines primaires, qui apparaissent très tôt et presque simultanément. Trente-six heures environ après la mise sous buvard, la plumule mesure déjà 3^{mm}, et les racines 5,3 et 2^{mm} ; au troisième jour, la tigelle atteint 1^{cm} et les trois radicelles = 17, 16 et 15^{mm}, alors que deux nouvelles racines émergent à la base et de chaque côté du scutellum.

L'état et les dimensions de ces organes varient avec la durée de la croissance et influent considérablement sur le comportement ultérieur de la plantule, de même, d'ailleurs, que la durée des dessiccations. En effet, celles-ci ont pour conséquence d'entraîner la mort des tissus en voie de croissance ; la radicule ou les racines primaires se nécrosent et disparaissent rapidement, alors que la coléoptile survit plus longtemps.

Les grains du blé n° 422 montraient : le 4 décembre, au troisième jour de mise en germination, une tigelle de 3^{mm} et des racines de 12^{mm}; le 5 dé-

cembre, une tigelle de 5^{mm} et des racines de 15^{mm}; le 7 décembre, une tige de 6^{mm} et des racines de 20^{mm}.

Mais l'anabiose du système radiculaire, même si elle survient lorsqu'il mesure déjà une vingtaine de millimètres, ne s'oppose pas à la prolifération des bourgeons basilaires et latéraux qui, dès que les conditions extrinsèques favorables à la germination sont réalisées, croissent rapidement (24 à 48 heures) et donnent naissance à un nouvel appareil souterrain. Ce renouvellement par substitution est, en quelque sorte, indépendant de la durée des premiers développements et des dessiccations qui les séparent.

Il n'en est pas de même du système aérien; si les reprises de croissance successives sont brèves et suffisamment rapprochées, la tigelle — ou la coléoptile — sont simplement flétries par l'alternance des séchages, et reprennent plus ou moins aisément leur turgescence et leur vigueur; mais, si les intervalles sont un peu longs, la dessiccation atteint le bourgeon végétatif qui meurt et ne peut être remplacé. D'ailleurs, lorsque la graine est en terre, même si le bourgeon terminal n'est pas mort, la levée est difficile, et parfois impossible, dès que la coléoptile est endommagée, car elle ne peut plus remplir sa fonction protectrice, et la feuille qu'elle recouvre incapable de traverser la faible couche de sol qui la surmonte, se replie et périt à son tour.

Dans la pratique, l'intervalle entre les reprises de végétation ne doit pas dépasser la durée d'un mois.

Les résultats particulièrement favorables obtenus par divers auteurs, de Saussure, Nowoczek, Will, Sleckine, et plus récemment par Pelzich (*Ann. Essais de Semences*, Leningrad, 1927, p. 1-18) et Orlowa (*ibid.*, 1927, p. 19-33), tiennent à ce que, dans leurs essais, les graines n'ont généralement été laissées sous buvard que pendant un temps très court (2 ou 3 jours au maximum) et soumises à une brève dessiccation d'une ou deux semaines.

En résumé, l'aptitude des semences de céréales à des germinations successives est réelle, mais elle est conditionnée et limitée par l'état de la tigelle, qui, lorsqu'elle est détruite, ne possède plus la possibilité de se régénérer; par contre, grâce à la faculté de prolifération des bourgeons basilaires et latéraux, le système radiculaire est susceptible de se renouveler et ses destructions répétées ne s'opposent, par conséquent, pas au développement ultérieur de la graine. Pelzich a, du reste, signalé ce privilège du système radiculaire et montré que la dessiccation joue même, dans

sa reconstruction, un rôle stimulant, analogue à celui de l'ablation par pincement, pratiquée fréquemment en jardinage, au moment des repiquages. C'est donc, en définitive, la coléoptile qui règle la germination et le sort de la graine.

BIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la transplantation d'ovaires conservés hors de l'organisme.* Note [1] de M. **Alexandre Lipschütz.**

Nous avons communiqué antérieurement qu'un ovaire conservé hors de l'organisme sur de la glace ou à une température de 14 à 20° pendant une à deux semaines, peut prendre comme greffe intrarénale et récupérer sa fonction endocrine [2], de même que des ovaires qui avaient subi, avant la transplantation, une dessiccation partielle [3]. J'ai aussi démontré qu'une telle greffe peut accomplir sa fonction endocrine jusqu'à plus de 5 mois [4].

J'ai conservé trois animaux porteurs de telles greffes pendant un temps plus long pour les sacrifier deux à trois *ans* après la transplantation. Ces animaux révélèrent les signes d'une activité ovarienne endocrine continue jusqu'à la fin (mamelons et glandes mammaires). Je donne la description de deux animaux qui présentent un grand intérêt.

Première observation. — Un cobaye mâle pesant 830g fut châtré et cinq jours après, le 29 octobre 1928, on greffa dans le rein un ovaire d'une femelle de 320g. L'ovaire avait été enlevé déjà le 18 octobre et il fut conservé pendant 11 jours dans un verre stérilisé à une température de 12 à 18°. La transformation de l'appareil mammaire du porteur de la greffe commença environ deux semaines après la transplantation. Les mamelons augmentèrent jusqu'à une longueur de 1cm environ; ils étaient épais, avec base très large. L'animal a servi souvent dans des cours pour la démonstration de l'action endocrine de la greffe ovarienne. Cet état persista sans changements pendant presque deux ans jusqu'au moment où l'animal fut sacrifié (le 22 octobre 1930). On constata à l'autopsie un abondant tissu mammaire qui à l'examen microscopique révéla l'aspect si caractéristique de la glande mammaire en plein développement; au

---

(1) Séance du 23 novembre 1931.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 566, 652, 653. Voir aussi *Pflüger's Arch.*, 220, 1928, p. 11, 29.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 100, 1929, p. 95, 97. Voir aussi *Virchows Arch.*, 272, 1929, p. 245; 273, 1929, p. 524.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 553. Voir aussi *Pflüger's Arch.*, 220, 1928, p. 321.

contraire les vésicules séminales s'atrophièrent. La greffe ovarienne se trouva fixée à la surface du rein. On constata déjà à l'œil nu la présence de cystes, ce qui fut corroboré par l'examen microscopique de la greffe; ces cystes originent soit de follicules, soit de cordons médullaires. On trouva aussi de grands follicules hémorragiques, de follicules secondaires et d'amas de cellules épithéloïdes d'origine thécale. On trouva, dans un follicule secondaire, l'ovule dans un état évidemment normal.

Seconde observation. — Un cobaye mâle châtré pesant 640^{g} reçut, 2 mois après la castration, une greffe ovarienne intrarénale (le 24 avril 1928). L'ovaire avait été desséché avant la transplantation sur du chlorure de calcium avec une perte de poids d'environ 40 pour 100, diminuant de 61^{mg} à 36^{mg} (ovaire d'une femelle pesant 650^{g}). En moins de 3 semaines commença la transformation de l'appareil mammaire. Les mamelons avaient finalement une longueur d'environ 7^{mm}. Il se produit aussi la pigmentation du mamelon et de son auréole, phénomène caractéristique de la hyperféminization (¹). L'état de l'appareil mammaire resta sans changements pendant plus de deux ans. L'animal fut sacrifié le 21 octobre 1930, c'est-à-dire 2 ans et demi après la transplantation de l'ovaire desséché. La greffe intrarénale révèla à l'examen microscopique la présence d'un gros follicule de Graaf. La glande mammaire était bien développée, présentant un tissu glandulaire compact.

Les deux observations démontrent clairement que des ovaires qui, avant la transplantation, subirent des influences externes très considérables, peuvent survivre comme greffe pendant de longues années et exercer pendant tout ce temps leur fonction endocrine.

Conclusions. — Un ovaire isolé et conservé à une température de 12 à 18° pendant 11 jours, a survécu comme greffe intrarénale pendant 2 ans; un autre ovaire désséché avant la transplantation avec une perte d'environ 40 pour 100 de son poids a survécu comme greffe intrarénale pendant 2 ans et demi. Les deux greffes contenaient de follicules en développement et produisaient (à juger par l'état des mamelons et des glandes mammaires) des hormones jusqu'au moment de sacrifier les animaux.

BIOLOGIE. — *Sur la nature de l'influence exercée par la forêt inondée du Grand Lac du Cambodge sur la vitesse de croissance des Poissons.* Note de M. **P. Chevey**, présentée par M. Joubin.

J'ai (²) successivement exposé la possibilité d'employer, dans la zone intertropicale, la méthode de lecture des écailles de poissons, puis la nature

(¹) Virchows, *Arch.*, **276**, 1930, p. 676.
(²) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 1226; **190**, 1930, p. 280; **191**, 1930, p. 1475.

des divers rythmes naturels susceptibles de se traduire en marques apparentes sur ces écailles, et enfin l'application heureuse que l'Institut océanographique de l'Indochine avait faite de ces méthodes au cas spécial du Grand Lac du Cambodge.

Dans ce dernier cas, en particulier, j'avais établi que les eaux de ce Lac se montrent remarquablement aptes à produire rapidement du poisson de grande taille, par rapport aux eaux douces du réseau hydrographique du Cambodge; cette faculté avait été attribuée à la présence d'une ceinture forestière périodiquement noyée sous plusieurs mètres d'eau, autour du Grand Lac.

Je suis en mesure, aujourd'hui, de préciser et d'expliquer ces faits avec plus de rigueur encore; c'est grâce au régime alimentaire végétal imposé par cette forêt submergée à ses hôtes aquatiques en période de crue, que ces derniers doivent leur croissance étonnamment rapide. En effet, au cours de la campagne de recherches du chalutier-laboratoire le « de Lanessan » au Cambodge, en octobre 1931, j'ai constaté, au centre du Grand Lac, la présence d'un banc de Cyprinidés, de l'espèce *Puntius bramoides* C. V.; ce banc ne fréquente pas la forêt inondée, aux hautes eaux; il est stable, et cette stabilité est démontrée par le fait que leur tube digestif est uniquement rempli des microgastéropodes, hôtes habituels de la vase dans la cuvette centrale du Grand Lac.

D'autre part, parmi bien d'autres espèces, des *Puntius bramoides* ont été trouvés aussi, à la même époque, dans la forêt inondée; mais pour ceux-là, comme pour tous les hôtes habituels de cette forêt, leur tube digestif n'était plein que de matière végétale (algues, uni et pluricellulaires, débris d'écorces, etc.), formant une purée verte caractéristique; le banc de *P. bramoides* du Centre du Lac semble donc former une race physiologique, distincte de celle qui suit le rythme habituel de migration forestière annuelle. Enfin, et c'est là le point capital, les *P. bramoides* de la forêt inondée, quoique de taille sensiblement égale à ceux du Lac (20^{cm} au lieu de 22^{cm}), sont âgés de 2 ans et demi seulement, alors que leurs congénères lacustres sont âgés de 4 ans et demi. C'est la race phytophage et, pourrait-on dire, sylvicole, qui l'emporte nettement en rapidité de croissance sur la race malacophage et limicole.

On ne peut guère mettre en évidence un meilleur exemple de l'influence de la forêt inondée sur la rapidité de croissance des poissons; c'est grâce au régime phytophage qu'elle offre à ses hôtes aquatiques que cette forêt jouit

du remarquable privilège d'amener très rapidement des poissons à la taille marchande; la baisse des eaux, combinée avec l'émersion du seuil de vase de Snoc-Trou, les amène aux engins de pêche disposés à cet effet.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Produits d'oxydation du lévulose par le carbonate cuivrique ammoniacal et l'oxygène de l'air, en solution étendue et de pH 7,7, à la température ordinaire.* Note de M. **Jacques Parrod** et M[lle] **Yvonne Garreau**, présentée par M. Georges Urbain.

La synthèse des substances azotées semble s'effectuer, chez les végétaux, à partir de sucres et d'ammoniac. En bon accord avec ce résultat obtenu par les botanistes, M. Pierre Girard et nous-mêmes (1) avons montré que l'oxydation de différents sucres par l'oxyde cuivrique ammoniacal et l'oxygène de l'air, à la température ordinaire, conduit à différents dérivés de l'imidazol, noyau azoté indispensable à la construction des nucléoprotéines.

Pour faciliter l'analyse, les concentrations utilisées étaient importantes : de l'ordre de 1 mol-gr par litre. Nous avons tenté avec succés d'obtenir des résultats semblables en utilisant des conditions plus voisines des conditions biologiques : faibles concentrations, pH voisin de 7.

Voici la description d'une expérience :

On réalise le mélange : lévulose 2^g, bicarbonate d'ammonium 12^g, eau distillée 1^l. Le pH déterminé à ce moment colorimétriquement est 7,7. On ajoute 2^g d'hydroxyde cuivrique qui se dissolvent, puis on fait barboter un courant d'air au sein de la solution qu'on abandonne ainsi à la température du laboratoire pendant un mois.

Comme dans les expériences citées plus haut, un précipité vert se dépose contenant de l'azote et du cuivre, mais cette fois, il a été impossible d'en extraire des produits cristallisés. On a pu obtenir seulement, après élimination de Cu par H^2S, une solution acide donnant fortement les réactions des imidazols : précipitation par le nitrate d'argent ammoniacal et coloration rouge avec le *p*-diazobenzène-sulfonate de sodium.

---

(1) Pierre Girard et J. Parrod, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 328; J. Parrod, *Ibid.*, 192, 1931, p. 1136; J. Parrod et Yvonne Garreau, *Ibid.*, 193, 1931, p. 890; Yvonne Garreau et J. Parrod, 194, 1932, p. 657; J. Parrod, *Ibid.*, 195, 1932, p. 285.

La solution, restée bleue, a fourni par contre une petite quantité d'acide oxalique et $0^g,5$ d'oxyméthyl-4-imidazol presque pur,

$$CH\begin{cases}\!\!\diagup\!\!\!\!\diagup N - C - CH^2OH \\ \qquad\qquad \| \\ \diagdown NH - CH\end{cases}$$

mais il a été impossible d'isoler l'imidazol et le *d-arabino*tétraoxybutyl-4-imidazol.

Technique. — On évapore à petit volume dans un bon vide, ce qui permet d'éliminer la majeure partie de l'ammoniac. On traite par H^2S pour éliminer Cu. Après filtration de CuS et évaporation dans le vide, on ajoute la quantité juste nécessaire d'acide phosphotungstique en solution concentrée. Le précipité formé, bien lavé, est mis en suspension dans l'eau, puis additionné d'un excès de solution de baryte. On filtre, sature de CO^2, filtre, évapore, reprend par l'alcool absolu qui dissout l'oxyméthyl-4-imidazol. Celui-ci cristallise par évaporation de l'alcool.

BACTÉRIOLOGIE. — *Propriétés inhibitrices vis-à-vis du paratyphique A, présentes dans les cultures de paratyphiques.* Note de MM. **A. Rochaix**, **P. Sédallian** et Mme **Clavel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Un principe inhibiteur pour certaines cultures microbiennes émanant de quelques échantillons bactériens, a été signalé par Lisbonne et Carrère, Bordet, Gratia, Hadley et Jiminez, Den Dooren, de Jong. Il s'observe avec des souches isolées fortuitement et se constate de façon exceptionnelle.

Nous avons obtenu des phénomènes identiques dans des conditions expérimentales précises.

Un paratyphique A et un paratyphique B sont ensemencés dans un même tube de bouillon. Après 24 heures, cette culture mixte est filtrée sur bougie Chamberland L3. Le filtrat stérile est ajouté à la dose de V à X gouttes à des tubes de bouillon ensemencés aussitôt, les uns avec du paratyphique A, les autres avec du paratyphique B. Après 6 ou 24 heures de séjour de ces tubes à l'étuve, les cultures de paratyphiques A sont très nettement moins opalescentes que les mêmes souches cultivées parallèlement dans les tubes témoins. Les paratyphiques B, eux, ne subissent aucune influence inhibitrice.

Cette inhibition du paratyphique A par un filtrat de culture mixte, renfermant para A et para B, s'obtient avec plus de facilité encore si l'on pratique successivement, à un même cobaye, des injections sous-cutanées de

doses virulentes de para A d'abord, puis de para B ensuite et si l'on recherche l'activité du filtrat dans les hémocultures faites à l'animal aux approches de la mort. Ces hémocultures sont d'ailleurs positives en para B exclusivement.

La propriété inhibitrice vis-à-vis de son propre développement, ainsi conférée au paratyphique A, se transmet en série. Les souches influencées par le filtrat présentent, dans leur culture filtrée à nouveau, une propriété analogue qui se transmet à des cultures de souches semblables. Il est possible d'obtenir une exaltation de cette propriété par passages en série. Celle-ci est détruite par le chauffage à 60°, et fortement atténuée par le séjour à 37° pendant 24 heures.

De tels faits ont été observés avec différentes souches d'origine variée.

Six para A étudiés ont obéi à l'influence inhibitrice que leur a conférée un para B entretenu depuis 10 ans dans notre laboratoire. Parmi ces para A, l'un d'eux, cependant, a donné spontanément une inhibition des autres para A lorsqu'on se sert du filtrat sur bougie de sa propre culture pure. 7 souches de para B sur 15 étudiées dans ce but ont révélé une propriété inhibitrice dans leurs cultures mixtes avec les para A.

De tels faits, d'interprétation difficile, ouvrent de suggestifs horizons sur cette question si importante de la concurrence microbienne.

M. J. Thoulet adresse une Note intitulée *Les poissons et le volcanisme sous-marin*.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 10m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 12 DÉCEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. Robert BOURGEOIS.

En ouvrant la séance, M. **Robert Bourgeois** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Si la mort n'a pas, au cours de cette année, frappé à coups redoublés sur notre Compagnie, si nous n'avons subi en 1932 que deux pertes parmi nos confrères, ces pertes ont été pour nous des plus cruelles et des plus sensibles. Ferrié et Bigourdan étaient en effet parmi les plus éminents de nos confrères, et leur disparition cause un grand vide dans nos rangs.

Ferrié était à la fois un grand savant et un grand soldat. Dès son entrée dans la carrière militaire comme officier du génie en 1889, il avait été séduit par l'intérêt qui s'attachait déjà à cette époque aux phénomènes de propagation des ondes et avait immédiatement saisi l'importance de leur application aux questions militaires. De là l'orientation définitive de toute sa carrière. Il serait trop long de la retracer dans toute son ampleur. Mais ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que la guerre de 1914 trouvait à la tête des Services de la télégraphie militaire l'homme qui, à une science profonde, joignait une énergie peu commune et un incomparable esprit réalisateur. Ferrié a rendu au début et au cours de la guerre d'incomparables services. Grâce à lui, grâce à sa prévoyance d'avant-guerre, la France pendant toute la durée des hostilités fut en télégraphie et téléphonie militaires d'une incontestable supériorité. Nos alliés nous suivirent; quant à nos ennemis, malgré leur puissante organisation technique, ils furent toujours considérablement en retard. Ferrié s'est montré là non seulement un grand chef, mais un des meilleurs artisans de la Victoire finale.

Son activité depuis 1919 ne ralentit jamais. Il a été l'âme de toutes les grandes expéditions scientifiques entreprises sous les auspices de l'Académie et du Bureau des Longitudes, et si l'on y ajoute tous les travaux que lui imposaient les fonctions d'Inspecteur général de ses Services en France,

en Algérie, au Maroc et au Levant, on reste confondu devant une telle infatigable activité et l'on comprend qu'il se soit usé à la tâche. Saluons une dernière fois celui qui s'est dévoué jusqu'à l'extrême limite de ses forces et qui n'avait qu'une pensée : servir son Pays.

Bigourdan appartenait à la Section d'Astronomie. Appelé très jeune à l'Observatoire de Toulouse, il y avait été remarqué par Tisserand qui, deux ans après, l'appelait auprès de lui à l'Observatoire de Paris. Adonné presque exclusivement à cette partie de l'Astronomie que l'on appelle l'astronomie de position, c'est-à-dire la détermination précise des coordonnées des corps célestes, il a cherché surtout à perfectionner les instruments et les méthodes, et à éliminer ainsi les erreurs soit accidentelles, soit systématiques qui peuvent affecter les observations. Il avait acquis dans cette branche de l'astronomie une compétence hors de pair, ce qui lui valut, lorsque Paris fut choisi comme siège du Bureau international de l'heure, d'en être le Directeur. Mais en outre d'un observateur hors de pair, Bigourdan se doublait d'un savant érudit, s'intéressant à toutes les sciences qui de près ou de loin se rapportent à l'Astronomie. Il avait publié dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* une série de notices touchant non seulement à l'Astronomie proprement dite, mais au calendrier, à l'heure, à la météorologie, à la sismologie, à l'histoire de l'Observatoire de Paris et à celle du Bureau des Longitudes. La mort a interrompu ce dernier travail. Courtois et affable, il se mettait toujours avec bonne grâce à la disposition de tous; sa vie a été toute de travail, toute de dévouement à la Science.

En outre de nos deux confrères, nous avons perdu plusieurs de nos correspondants :

L'amiral brésilien DE TEFFÉ, de la Section de Géographie et Navigation, mort à Pétropolis (Brésil), le 7 février 1931 (ce décès n'a été connu qu'en 1932).

M. ROLAND THAXTER, de la Section de Botanique, mort à Cambridge (Massachusetts), le 22 avril 1932.

M. ALBERT DE GROSSOUVRE, de la Section de Minéralogie, mort à Bourges, le 18 mai 1932.

M. BERNHARD BANG, de la Section d'Économie rurale, mort à Copenhague, le 22 juin 1932.

M. PAUL VUILLEMIN, de la Section de Botanique, mort à Malzéville, le 30 juin 1932.

M. René Baire, de la Section de Géométrie, mort à Chambéry, le 5 juillet 1932.

Nous déplorons et regrettons leur disparition.

Ce pieux devoir rempli, il me faut maintenant, pour me conformer à nos traditions, vous entretenir pendant quelques instants d'une des nombreuses questions susceptibles d'intéresser non seulement notre Académie, mais aussi le public éclairé qui en suit les travaux. De quoi vous parlerai-je, si ce n'est des sciences auxquelles je me suis longtemps consacré, la Géodésie et la Topographie? J'avais, dans cet ordre d'idées, le choix entre bien des sujets. Je crois qu'aujourd'hui l'un des plus intéressants sera de vous tracer à grands traits l'histoire de nos travaux géographiques coloniaux, de vous montrer comment on a progressivement établi les cartes de notre Empire colonial, c'est-à-dire la carte de la plus grande France.

J'aurai ainsi l'occasion de mettre en relief les travaux d'un Service auquel j'ai appartenu pendant la plus grande partie de ma carrière, le Service géographique de l'Armée, et de faire ressortir la science et l'inlassable dévouement de ses officiers géodésiens et topographes.

Il y a une différence essentielle entre une œuvre comme l'établissement d'une carte, par exemple la Carte de France au 1/80000e, basée sur un réseau géodésique préexistant sans cesse perfectionné, et les cartes coloniales. Dans l'établissement de la Carte de France, les travaux se sont poursuivis normalement, suivant un plan bien conçu, bien arrêté, très étudié, avec des opérateurs très exercés, les Ingénieurs géographes d'abord, puis après leur suppression en 1828, les officiers du Corps d'État-Major, leurs élèves. Ce n'était ici qu'une question de temps et de crédits, et en fait en me bornant à ne citer que la carte au 1/80000e, celle-ci commencée en 1817 était terminée pour l'ensemble du territoire et la Corse en 1864.

L'établissement d'une carte coloniale est un problème tout à fait différent. Une expédition coloniale se décide pour venger une insulte faite à notre drapeau ou un massacre de nos compatriotes, ou encore, comme à l'origine de la conquête de l'Algérie, pour purger la Méditerranée des corsaires barbaresques. Mais toujours on s'aventure dans un pays encore inconnu et l'on n'a d'ordinaire que peu de documents à sa disposition. Quelques itinéraires d'explorateurs, des reconnaissances poussées le long des grandes voies navigables, le Mékong ou le Fleuve Rouge par exemple, à l'aide desquels on a dressé des croquis provisoires

bien incomplets et souvent assez peu exacts. En somme, quelques renseignements utiles tout au plus pour un débarquement et les premières opérations militaires. Je dis les opérations militaires, car ici, par la force même des choses, l'œuvre primitive de la carte sera toujours, sauf cas exceptionnel, une œuvre essentiellement militaire et forcément toujours aussi une œuvre d'approximations successives. Au début, comme il est nécessaire pour les opérations à poursuivre d'avoir tout au moins des croquis des régions où l'on opère, on fait appel aux officiers ou gradés capables de dessiner les itinéraires et de reproduire, sous forme de croquis topographiques, les caractères essentiels des régions où l'on fait campagne. On tâche ensuite d'assembler ces croquis et ces itinéraires sur une triangulation graphique en partant d'une base, mesurée souvent par des moyens de fortune. Au fur et à mesure de l'extension des opérations, on arrive à combler petit à petit par des levés rapides les intervalles entre les itinéraires, et au bout d'un certain temps, à la suite d'un travail acharné et qui n'est pas exempt de périls, car plus d'un officier topographe l'a payé de sa vie, la zone occupée et ses avancées sont sommairement levées, on possède ce que l'on appelle la carte de reconnaissance : c'est la première phase. Puis, au fur et à mesure que la sécurité s'accroît, la colonisation s'installe. La nécessité d'une carte plus précise que la carte de reconnaissance se fait de plus en plus sentir. La carte régulière tout au moins provisoire est réclamée par tous, commandement des troupes, ingénieurs des travaux publics et colons ; tous sont convaincus que la mise en valeur d'une Colonie est impossible sans une carte précise. Celle-ci s'impose. Les autorités s'adressent alors au seul service qui possède la compétence, les opérateurs exercés et les instruments nécessaires, le *Service géographique de l'Armée*. Celui-ci, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un service annexe qu'il crée, prend en main l'œuvre géographique. Géodésiens et topographes exercés sont envoyés à la colonie et procèdent aux travaux. Les levés topographiques deviennent de plus en plus réguliers, un réseau géodésique succède aux triangulations graphiques, et si l'on procède encore par étapes successives, on finit cependant, à la suite d'efforts ininterrompus, par doter la colonie d'une carte provisoire d'abord, puis enfin d'une de ces cartes régulières qui font l'admiration de ceux qui ont à s'en servir. Mais, pendant ce temps, la conquête ou l'extension coloniale ont encore progressé et les zones occupées se sont étendues ; la carte a dû suivre, parcourant les mêmes stades que je viens d'esquisser, et la conclusion du tableau

succinct que je viens d'essayer de brosser devant vous est qu'une carte coloniale n'est aujourd'hui encore jamais terminée.

Les méthodes qu'on a successivement utilisées dans l'ensemble de notre empire colonial ont été élaborées, pour la plupart, sur le sol de l'Algérie. C'est l'Algérie qui a été la grande école de la géodésie et de la topographie coloniales. C'est là qu'il faut chercher l'exemple, et en étudiant rapidement l'évolution de la Carte algérienne, nous y rencontrerons d'une façon saisissante les étapes que j'esquissais tout à l'heure.

Quand, il y cent ans, l'armée française débarquait à Sidi-Ferruch, l'État-Major du Corps expéditionnaire ne possédait qu'une carte sommaire du littoral et des environs d'Alger, dressée par un officier de l'Empire, le capitaine Boutin, envoyé en reconnaissance sur les côtes d'Algérie, en 1808, par l'Empereur, qui avait déjà, à cette époque, conçu l'idée d'une expédition contre le Dey. Cette carte, levé de reconnaissance sommaire, décrivait le littoral d'une façon assez précise. Au delà de la côte, on ne possédait rien.

Dès que l'on s'avançait vers l'intérieur, la pénurie de documents était telle, au début, que lors de la première expédition de Constantine, en 1836, on en était réduit, pour situer la position de la ville, à consulter dans Salluste le récit de la guerre de Jugurtha et de faire tracer des dessins sur le sable par des Arabes pour pouvoir constituer un croquis d'ensemble se rapprochant plus ou moins de la réalité.

Les premières opérations topographiques furent les itinéraires des colonnes, qui, de 1830 à 1840, parcoururent le Tell et les Hauts-Plateaux pour impressionner les tribus, châtier les rebelles ou guerroyer contre Abd-el-Kader. Mais, comme les officiers employés aux travaux étaient tous des topographes exercés qui avaient fait leur éducation aux levés de la Carte de France, la carte de reconnaissance, basée sur ces itinéraires remarquablement levés, progressait petit à petit. Malgré les difficultés inouïes, provenant des intempéries, de la précarité des installations, de l'insécurité qui était telle que, dès que l'on se trouvait isolé, on risquait sa vie, au bout de dix ans, une carte provisoire au 1/400000e de la région du Tell, bien qu'encore incomplète, était mise en service. A partir de 1840, les travaux s'accélèrent. Bugeaud commence la grande guerre contre Abd-el-Kader. Les expéditions se multiplient. Bugeaud se fait nomade pour traquer les nomades. La Moricière et lui donnent une vive impulsion aux travaux topographiques. Ils ont la bonne fortune d'avoir sous la main un topo-

graphe, on devrait même dire un géographe exceptionnel, le capitaine de Martimprey, arrivé plus tard au plus haut sommet de la hiérarchie militaire, qui devient l'âme des sections topographiques. Sous son impulsion, les itinéraires affluent, les blancs de la carte qu'ils laissent entre eux se comblent, mais aussi la nécessité d'un canevas pour les coordonner se fait de plus en plus sentir, et l'on entreprend à partir de 1843 des opérations géodésiques régulières que l'on poursuit rapidement, en sacrifiant le moins possible à la précision. On fait un tel effort, qu'en 1847, après la reddition d'Abd-el-Kader, la carte provisoire est terminée. La première période, celle que l'on peut appeler la période héroïque, est close; c'est la fin des premières phases.

La grande conquête militaire de l'Algérie peut être considérée comme arrivée à sa fin. L'œuvre de pacification et de colonisation commence et se développe. Avec elle s'ouvre l'ère des travaux à base véritablement scientifique, aujourd'hui en plein épanouissement, qui nous a conduit en 1914 presque à la limite du grand Sahara, en dotant l'Algérie d'une série de cartes à des échelles allant du 1/50000e au 1/1000000e, qui sont parmi les plus belles qui aient été produites. Mais, comme je l'ai dit, la carte d'un pays neuf n'est jamais terminée.

Après la guerre, en effet, se pose en 1920 le problème de la traversée du Sahara. Il s'agit d'unir l'Afrique méditerranéenne à l'Afrique soudanaise, par le rail, l'auto ou l'avion, et ceci nécessite une carte précise. Ici, nouvelle difficulté, il ne peut plus être question de triangulation et de levés réguliers. Il faut des méthodes plus appropriées aux conditions toutes spéciales des régions à lever. A l'exemple de ce qui s'est fait, comme nous le verrons, en Indochine, on décide que le canevas sera formé de points isolés dont les positions seront déterminées par des procédés astronomiques. On dispose d'ailleurs d'un instrument très portatif tout en étant très précis, l'astrolabe à prisme, et la comparaison de l'heure locale et de celle du méridien initial se réalisera avec une extrême précision par la T. S. F. Instrument, procédés et méthodes auxquels se rattachent les noms du Général Ferrié et de l'Ingénieur hydrographe en chef Driencourt. Tous ces points de canevas seront reliés ensuite par des itinéraires que l'on étendra largement sur leurs flancs, et enfin on utilisera le plus possible la photographie aérienne, ce qui permettra de combler les vides entre les itinéraires. Donc, méthodes nouvelles. Le résultat obtenu est remarquable. Nous possédons aujourd'hui au bout de dix ans une carte d'ensemble au 1/1000000e, couvrant tout le Sahara et s'étendant jusqu'au golfe de

Guinée, après entente et collaboration avec les Services du Maroc et de l'Afrique Occidentale française.

Telle a été, en Algérie, l'œuvre du Dépôt de la Guerre d'abord, du Service géographique ensuite. Pour achever ce qui a été fait en Afrique du Nord, et en anticipant sur l'ordre chronologique des cartes coloniales, j'ajouterai quelques mots sur l'établissement des cartes de la Tunisie et du Maroc. Ici, comme partout, on trouve à l'origine des documents imparfaits, c'est vrai, mais cependant utiles, provenant d'explorations antérieures plus ou moins poussées, plus ou moins sommaires. L'expédition de Tunisie de 1881 possédait, à son arrivée sur le territoire beylical, une carte bien incomplète, dressée en 1837, à l'aide de levés sommaires, par un officier de la Marine danoise, le commandant Falbe, un peu étendue de 1843 à 1849 par le capitaine d'État-Major Pricot de Sainte-Marie. Cette carte, et j'en parle en connaissance de cause ayant fait la campagne comme jeune lieutenant d'artillerie, présentait beaucoup plus de blancs que de terrain dessiné. Les opérations militaires ont eu si peu de durée qu'il y eut fort peu d'itinéraires exécutés, et vu l'inexpérience des officiers qui les ont fournis, j'ai des doutes sérieux sur leur valeur.

Je me permettrai à ce sujet de citer un souvenir personnel. La colonne à laquelle j'appartenais partait de la Manouba pour aller soumettre les tribus Mogods et Kroumirs. Un certain soir, je fus appelé auprès de mon Commandant. « Il paraît, me dit-il, qu'il va venir demain un lieutenant-colonel pour recueillir les itinéraires. Nous n'en avons pas, et cela fera une histoire. Vous devez savoir dessiner, rappelez vos souvenirs et faites-moi pour demain matin un croquis, exact ou non, cela n'a pas d'importance, mais qui ait de l'œil. » Je me mis à l'ouvrage et fournis le lendemain le croquis demandé dont je n'entendis plus parler.

Bien plus tard, devenu directeur du Service géographique, j'eus à consulter le dossier topographique de la campagne de 1881, et le hasard fit tomber entre mes mains mon ancien travail. Il portait en marge : « Excellent travail, fait par un bon topographe qui a bien vu le terrain. » Cela m'a rendu un peu sceptique sur l'utilisation un peu hâtive des itinéraires faits par de jeunes officiers non préparés à ce genre de travail, et n'ayant pas l'expérience qu'avaient les officiers du Corps d'État-Major, qui ont dressé les itinéraires lors de la Conquête de l'Algérie.

La Tunisie fut entièrement pacifiée dès 1882, les travaux réguliers commencèrent immédiatement sans aucune difficulté, et une convention passée en 1884 avec le Gouvernement beylical chargea le Service géographique

d'exécuter à frais communs une carte au 1/50000e, poussée plus au Sud à l'échelle du 1/100000e.

Si la carte de la Tunisie, en raison de la pacification rapide de la Régence, se fit en somme aussi facilement que la Carte de France, il n'en a pas été de même au Maroc. Ici on s'est trouvé, au début et pendant plusieurs années, dans les mêmes conditions qu'en Algérie au début de la Conquête. Le pays est hostile, la topographie ne peut progresser que du même pas que la conquête, car l'officier topographe fait partie des colonnes et peut difficilement s'en écarter. Mais au Maroc nous trouvons une remarquable continuité de vues et un grand Chef pénétré de la nécessité des cartes, le Général Lyautey. Celui-ci, au Maroc Oriental d'abord, où il dirige les opérations militaires, au Maroc tout entier ensuite, quand il est devenu Résident général, ne se propose pas seulement de conquérir, mais de pacifier le pays, et pacifier pour lui, c'est construire les routes, aménager les points d'eau, installer des lignes télégraphiques, améliorer les centres habités. L'occupation doit se justifier par des bienfaits, et pour cela la carte est indispensable. Il constitue en conséquence un bureau topographique, qui devient rapidement le Service géographique du Maroc, filiale, en quelque sorte, du Service géographique de l'Armée.

Retracer les diverses étapes de la carte serait me répéter indéfiniment. Les phases habituelles, que nous avons déjà vues, se succèdent, et aujourd'hui le Maroc entier est levé et publié, soit en carte de reconnaissance, soit en levés réguliers. Mais si ce travail énorme, malgré l'interruption causée par la guerre, a été mené à bien en moins de vingt ans, cela tient d'une part à ce qu'on a mis à profit toute l'expérience acquise par les travaux antérieurs d'Algérie, et d'autre part, surtout, à ce qu'il y a eu à la tête une pensée directrice, une impulsion énergique et une volonté qui soutenait une œuvre considérée comme indispensable et brisait les obstacles.

Toute l'Afrique du Nord, cette France méditerranéenne, est donc dotée aujourd'hui des cartes qui lui sont nécessaires, tant au point de vue de la colonisation qu'au point de vue militaire.

Mais le domaine colonial de la France est beaucoup plus vaste, et là nous trouvons, en dehors de nos vieilles colonies, connues depuis longtemps et dont je ne parlerai pas, trois grands champs d'exploitation pour la géographie : l'Indochine, Madagascar et nos grandes Colonies africaines, l'Afrique Occidentale et l'Afrique Équatoriale françaises.

Je m'exposerais en entrant dans les détails à des redites superflues, je

me bornerai donc à vous montrer les caractéristiques de chacune de ces Colonies au point de vue cartographique, les difficultés à surmonter, la façon dont elles l'ont été, le résultat final.

En Indochine, trois régions distinctes. La Cochinchine, delta du Mékong, pays de rizières; le Tonkin, delta du Feuve Rouge, encore pays de rizières, puis région montagneuse du Laos et des frontières chinoises; entre les deux la chaîne montagneuse de l'Annam et aujourd'hui en plus, à l'ouest de l'Indochine, le Cambodge. Dans les deltas, c'est la planimétrie et le nivellement qui importent surtout; ailleurs il faudra faire une carte topographique ordinaire. En Indochine, nous trouverons comme toujours les documents des explorateurs, puis ceux qui fourniront les opérations militaires de la conquête. Mais la pénurie de personnel, les relèves continuelles des officiers, l'absence de géodésie, le décousu, au début, des opérations topographiques, le manque de matériel de reproduction, ne permettent qu'une utilisation imparfaite des documents. C'est une période confuse. On a beaucoup peiné, les opérateurs se sont dépensés, ont subi de nombreuses pertes et le résultat, faute de direction générale, ne répond pas à l'effort. Mais, en 1899, arrive en Indochine, comme gouverneur général, M. Paul Doumer. Alors tout change. Frappé de l'insuffisance des cartes rudimentaires alors existantes, il fait appel au Service géographique de l'Armée, crée le Service géographique de l'Indochine et met à sa tête une compétence. Les travaux s'exécutent alors suivant un programme d'ensemble malgré les difficultés qui sont grandes, car il y a à lutter contre bien des ennemis : la forêt, le soleil, la fièvre, les moustiques, les serpents et le tigre. Il est, dans certaines régions de forêts, impossible de faire de la triangulation et l'on adopte le procédé qui depuis a fait école, une série de points astronomiques isolés, reliée par des itinéraires, les vides du réseau étant remplis progressivement par une topographie de reconnaissance. Opérations difficiles, car il suffit de se figurer l'officier opérateur déterminant à midi la latitude et l'heure locale sous un soleil de plomb, puis la nuit sa longitude par une occultation d'étoile, ou l'éclipse d'un satellite de Jupiter, dévoré par les moustiques et entendant le glapissement du tigre en chasse, qui rôde non loin de lui. Mais l'énergie des opérateurs est venue à bout de tous les obstacles et, à part l'interruption causée par la guerre, la moitié déjà de la Colonie est aujourd'hui couverte d'une topographie régulière. Le domaine de la carte de reconnaissance se borne aux régions du Haut et Bas Laos et du Sud Annam, ainsi qu'aux trois quarts du Cambodge. Nous touchons du doigt, ici comme au Maroc, la nécessité d'une

direction supérieure énergique, de chefs d'opérations compétents, d'un programme poursuivi sans défaillance et sans modifications.

Nous allons trouver la même chose à Madagascar. L'expédition de 1895 trouvait pour la préparation des opérations les positions géographiques de notre ancien confrère M. Grandidier, une carte détaillée d'une partie de l'Emyrne, due au père Roblet, directeur de l'Observatoire de Tananarive, et un itinéraire remarquable de la piste présumée de la Colonne expéditionnaire fait en 1893 par un officier d'infanterie de marine, le lieutenant, depuis général Aubé. L'État-Major du Corps expéditionnaire comportait un Bureau topographique dont j'étais le chef, et deux géodésiens du Service géographique. Il n'y avait à craindre ni bêtes féroces comme au Tonkin, ni serpents, ni ennemi bien entreprenant. Mais en outre du soleil et des moustiques, il y avait surtout cette fièvre restée légendaire, qui coûta la vie à près de la moitié de l'effectif du Corps expéditionnaire et dont les accès pernicieux étaient si soudains. Tel vu en bonne santé le matin était mort le soir. L'effort du Bureau topographique au cours des opérations fut par cela même très limité; au bout de peu de temps les officiers chargés des itinéraires disparurent et quand fut formée la colonne légère qui entra à Tananarive le 30 septembre 1895, il ne put plus être question de topographie.

Peu après l'entrée à Tananarive, survenait l'insurrection qui rendit impossibles les travaux. Mais de même que nous avons vu au Maroc l'action du Général Lyautey, en Indochine celle de M. Doumer, ici, dès la fin de l'insurrection, nous voyons celle du Général Galliéni, dont l'esprit réalisateur saisit immédiatement l'importance et la nécessité d'une carte régulière. Il crée un Service géographique en faisant appel à celui de la métropole, et les travaux s'organisent comme nous l'avons vu précédemment. Aujourd'hui, parmi nos Colonies, Madagascar se classe dans les premiers rangs, par la régularité de la progression des travaux géographiques et l'importance de leurs résultats pour le développement de la colonisation. Le Service géographique de Tananarive, conservant l'impulsion que lui a donné à son début le Général Galliéni, poursuit inlassablement sa carrière en triomphant de tous les obstacles.

Il me reste pour terminer le circuit complet de nos Colonies à vous dire quelques mots de nos deux grandes Colonies du centre de l'Afrique : l'Afrique Occidentale et l'Afrique Équatoriale françaises.

Ici, nouvel obstacle, l'immensité des territoires considérés. L'Afrique Occidentale française est sept à huit fois plus grande que l'Indochine;

l'Afrique Équatoriale a une superficie neuf fois celle de la France, et un développement de frontières de 16000 kilomètres contre les 2200 kilomètres de frontières de la métropole. Ni l'Afrique Occidentale, ni l'Afrique Équatoriale n'ont donc jamais pu songer à consacrer à l'inventaire géographique de leurs territoires des crédits proportionnels à leur étendue, ni trouver les centaines d'opérateurs nécessaires.

Il y a en outre, comme nous allons le voir, une différence capitale entre les deux Colonies, qui a eu une répercussion et une influence primordiale sur les travaux cartographiques. En Afrique Occidentale, il y a eu une conquête, de nombreuses opérations militaires, de multiples colonnes. Donc de multiples itinéraires. Mais en raison de bien des difficultés sur lesquelles il serait trop long de s'étendre, le parti que l'on a pu tirer de tous ces efforts a été limité au début. Il y eut en outre beaucoup d'indécision. Le Bureau topographique a été rattaché successivement au Service des travaux publics, puis au Cabinet militaire du Gouverneur général, et aucun texte officiel n'a jamais consacré sa situation. On a donc souvent travaillé en pure perte, malgré les efforts des officiers et le soutien des Gouverneurs.

Quand vint la guerre de 1914, le Bureau topographique ferma ses portes et resta abandonné de 1914 à 1921. Ce fut un désastre; les archives n'étant plus surveillées, les unes furent pillées par des personnalités sans mandat qui les dispersèrent, les autres, plus mal partagées encore, furent détruites par l'humidité ou les termites. Telle était la situation, quand, en 1921, le Gouverneur général Merlin ressuscita le Service géographique et le confia à un officier spécialisé très compétent. L'établissement de la carte suit maintenant son évolution normale, mais il reste, bien entendu, vu l'immensité du territoire, une tâche considérable à poursuivre et à réaliser.

A l'encontre de l'Afrique Occidentale, l'Afrique Équatoriale est une colonie qu'il n'y a pas eu à conquérir, et où il n'y a eu qu'à s'installer. Donc pas de colonnes, pas d'itinéraire, pas de topographie de reconnaissance, pas de fonds de premier établissement. La cartographie de l'Afrique Équatoriale n'a pu jusqu'ici se relever de cette circonstance. La carte est encore inexistante dans l'ensemble. Les Gouverneurs n'ont pu prélever sur un budget déjà étriqué les crédits nécesaires à l'installation et au fonctionnement d'un Service géographique, même modeste. Il y a manqué l'autorité sachant s'imposer, d'un Bugeaud, d'un Galliéni, d'un Doumer, d'un Lyautey. Le manque de cartes est aujourd'hui encore une des causes du retard dont souffre le développement de cette colonie. On ne dispose que d'éléments fragmentaires, sauf dans la région du Tchad où l'on possède les

documents très importants de l'exploration et des délimitations anglo-françaises, menées à bien, de 1912 à 1927, par notre confrère le Colonel, aujourd'hui Général, Tilho. Il y a là, au milieu de cette colonie encore trop délaissée au point de vue cartographique, un îlot important, bien inventorié et bien connu, auquel il faut joindre des itinéraires sérieusement établis, dans la région du Tibesti, sommet du plan incliné qui conduit au Tchad, faits par la mission scientifique du géologue Dalloni. En résumé, en Afrique Equatoriale, en dehors à peu près de ces quelques travaux, tout reste à faire.

Et maintenant, concluons. Ce qui ressort incontestablement de l'exposé que je vous ai fait, ce sont les nécessités ici, comme en tout, d'une direction d'ensemble, d'un programme et d'une continuité de vues dans l'exécution; en outre et par-dessus tout, une inlassable ténacité dans la poursuite des travaux. Là où apparaissent des chefs énergiques et convaincus de la nécessité d'une carte, tant au point de vue de la conquête et de la pacification qu'à celui de la colonisation, les travaux se poursuivent, la carte de reconnaissance, la carte provisoire, la carte régulière, avancent successivement et souvent même rapidement, comme à Madagascar et au Maroc. Il y a là des faits à retenir, des exemples à suivre et des fautes à éviter. Enfin il y a surtout à se pénétrer de cette conviction que l'on ne fait rien sans une direction technique compétente et sans exécutants exercés, que seul le Service géographique de l'Armée est capable par son organisation même de fournir, et enfin sans le nerf indispensable à toute œuvre, sans crédits.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1932.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Ém. Borel, Cartan; Lebesgue, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raoul Bricard**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Ém. Borel, Lebesgue, Cartan; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Milloux**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur les fonctions analytiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Mesnager, Ém. Borel, Ém. Jouguet, Villat; Drach, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules Haag**, professeur à la Faculté des sciences et directeur de l'Institut de Chronométrie de Besançon, pour ses travaux de Chronométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Mesnager, Ém. Borel, Drach, Villat; Ém. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Roy**, ingénieur au corps des mines, professeur à l'École nationale des Ponts et Chausées, pour ses travaux de mécanique appliquée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Mesnager, Ém. Borel, Drach, Ém. Jouguet; Henri Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Joseph Pérès**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux d'hydrodynamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY BAZIN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Mesnager, Ém. Borel, Drach, Ém. Jouguet; Henri Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Dimitri Riabouchinsky**, directeur adjoint du Laboratoire de l'Institut de mécanique des fluides, pour ses travaux d'aérodynamique et d'hydraulique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Maurain; Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Abel Pourteau**, astronome adjoint honoraire à l'Observatoire de Paris, pour ses études sur la statistique des étoiles doubles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Maurain; Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Nicolas Stoyko**, astronome attaché au Bureau de l'Heure de Paris, pour ses études sur la mesure du temps et les problèmes qui s'y rattachent.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Esclangon, Maurain; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Dufay**, astronome adjoint à l'Observatoire de Lyon, pour ses travaux de photométrie astronomique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Esclangon; Maurain, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer la médaille à M. **Alexandre Dauvillier**, docteur ès sciences, pour ses études sur l'Aurore polaire et les phénomènes connexes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Esclangon, Maurain; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Antoniadi**, attaché à l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux sur les planètes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Esclangon, Maurain).

Les arrérages de la Fondation ne sont pas attribués.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot; Georges Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Benoit**, colonel d'artillerie coloniale, pour ses travaux théoriques et ses opérations géodésiques sur le terrain.

Le colonel d'artillerie coloniale E. Benoît, ancien élève de l'École polytechnique, tout en remplissant sans cesse ses obligations militaires, et en particulier en faisant notamment noblement son devoir pendant la grande guerre, est resté pendant une grande partie de sa carrière attaché comme géodésien à des Services géographiques (Service géographique de l'Armée à Paris, Service géographique de l'Indochine à Hanoï, Service géographique de l'Armée hellénique à Athènes, etc.).

Il a exécuté personnellement ou dirigé un grand nombre de travaux sur le terrain, mais ses goûts l'ont porté plus particulièrement vers l'étude de questions théoriques en vue des applications pratiques, par exemple :

En Astronomie, l'observation et le calcul des latitudes.

En Géodésie, la résolution des équations normales provenant des applications de la méthode des moindres carrés, le calcul des coordonnées géodésiques sur l'ellipsoïde.

Dès 1905, comme chef de la Section de Géodésie du Service géographique de l'Indochine, il avait établi et fait adopter à ce Service, pour le calcul de ces coordonnées, des formules éminemment pratiques, conservant seulement les termes du troisième ordre, plus précises que celles des Ingénieurs-Géographes, même corrigées par Hossard, mais d'un type analogue.

En 1913, il les a fait connaître et en a montré l'emploi dans le système de la division centésimale de la circonférence et pour l'ellipsoïde de référence de Clarke (1880).

Ces formules ont permis d'établir les tables nécessaires pour le calcul des coordonnées géodésiques sur l'ellipsoïde de référence international, adopté par l'Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique

internationale de Madrid, en 1924, et cela dans les deux systèmes de division de la circonférence : sexagésimal et centésimal.

Dans tous ses travaux, le colonel **Benoit** a apporté les ressources d'un esprit mathématique particulièrement original et fécond.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot; Georges Perrier, rapporteur.)

La Commision propose de décerner le prix à M. **Émile Hasse**, pour ses calculs et discussions de travaux géodésiques et astronomiques exécutés par le Service géographique de l'Armée.

M. **Hasse** appartient depuis une quarantaine d'années au Bureau des Calculs de la Section de Géodésie du Service géographique de l'Armée, dont il a, très jeune, assumé la direction.

Dans ces fonctions, il a eu à exécuter personnellement ou à diriger tous les travaux de calculs relatifs aux opérations géodésiques et astronomiques exécutées par ce Service durant près d'un demi-siècle, notamment sous l'autorité de nos confrères, les généraux Bassot, Bourgeois et G. Perrier : nouvelle méridienne de France, nouvelle triangulation française, triangulations de l'Algérie, de la Tunisie, du Maroc et du Levant, nombreux travaux géodésiques et astronomiques aux colonies, observations d'intensité de la pesanteur, nouvel arc de méridien équatorial, etc.

Ce labeur formidable a permis la poursuite de nombre de recherches intéressant au plus haut point la Géodésie et l'Astronomie, et si le nom de M. Hasse, qui est un modeste, n'apparaît pas sur la couverture de toutes les publications consacrées aux travaux auxquels il a si puissamment collaboré, il faut convenir que sans lui la mise au point de ces travaux eût été impossible ou considérablement retardée.

M. Hasse a toujours fait preuve de qualités de premier ordre pour l'ordonnance et la précision des calculs, ainsi que d'un esprit de méthode et de discussion tout particulier.

M. **Hasse** sera appelé dans peu de temps à quitter sa situation active au Service géographique de l'Armée, mais il faut espérer qu'il consacrera encore beaucoup de longues années à des travaux du genre de ceux qui ont rempli toute sa carrière.

L'Académie adopte la proposition de la Commision.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier ; Lecomte, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Tardieu**, née **Laure Blot**, pour son mémoire sur les Fougères du Tonkin.

Mme Tardieu a séjourné au Tonkin pendant plusieurs années. Elle a le grade de pharmacien de 1re classe de l'Université de Paris et prochainement elle doit soutenir sa thèse de doctorat en médecine. Ses voyages, surtout dans le Haut-Tonkin, lui ont fourni l'occasion d'amorcer une très intéressante collection de Fougères indochinoises dont elle est venue poursuivre l'étude depuis 2 ans au Muséum d'histoire naturelle.

Le premier mémoire de Mme **Tardieu** sur les Fougères indochinoises ne traite que des Aspléniées ; mais avec ses clés bien étudiées, avec ses nombreuses figures originales, il se présente comme une œuvre bien personnelle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Fichot, Perrier ; Bourgeois, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Jules Hansen**, cartographe, pour sa carte historique de « L'Ancien pays de Luxembourg » au 1/100000e, en 6 feuilles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE LA MARINE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Mesnager, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Villat ; Ém. Jouguet, rapporteur.)

La Commision propose de décerner le prix à M. **Pierre Malaval**, ingénieur général de l'artillerie navale, pour ses travaux sur la résistance des matériaux et sur l'autofrettage.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Ém. Jouguet, Villat, Mesnager, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri de Leiris**, ingénieur de première classe du génie maritime, pour son mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur la fatigue à la dilatation des tuyautages de vapeur*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, de Broglie, Ch. Fabry ; Aimé Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Darmois**, professeur de physique à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Aimé Cotton, de Broglie, Ch. Fabry ; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Lavanchy**, docteur ès sciences, ingénieur de l'École supérieure d'électricité, pour son ouvrage sur le calcul et la construction des lignes aériennes à haute tension.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, de Broglie, Ch. Fabry ; Aimé Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Henriot**, professeur à l'Université de Bruxelles, pour l'ensemble de ses travaux, particulièrement sur la radioactivité des métaux alcalins, la biréfringence du verre comprimé, les grandes vitesses angulaires, les rayons cathodiques et magnéto-cathodiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, A. Cotton, de Broglie, Ch. Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Gaston Dupouy**, docteur ès sciences, pour faciliter ses recherches sur le magnétisme.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Fosse; Le Chatelier, Delépine, rapporteurs.)

M. **Eugène Burlot**, ingénieur en chef des poudres à la poudrerie de Sevran-Livry s'est fait connaître par de nombreux et importants travaux sur les explosifs. Il a consigné ses recherches dans une dizaine de mémoires insérés dans le *Mémorial des poudres*, dans celui de l'artillerie et dans les *Annales des mines*. Les plus importantes de ses études se rattachent au fonctionnement des crushers, employés pour mesurer la pression de détonation des explosifs; au développement des ondes de choc aériennes au voisinage du centre d'ébranlement; à la détermination de la force explosive et du covolume des explosifs. De ces dernières mesures, il a déduit des conséquences très importantes relatives aux chaleurs spécifiques des gaz sous fortes pressions à hautes températures.

Si ces recherches témoignent de la valeur scientifique de leur auteur, elles n'ont aucun rapport avec l'objet même du prix Montyon, qui vise essentiellement la protection de la vie humaine et non sa destruction. En dehors des études ci-dessus rappelées, M. Burlot s'est particulièrement occupé de toutes les mesures propres à assurer la sécurité des hommes qui ont à manier les explosifs.

A la suite de recherches sur les dangers inhérents au stockage des liquides inflammables et en particulier de l'acétylène dissous, il a rédigé l'instruction devenue officielle, relative aux conditions que doivent remplir les bouteilles d'acétylène dissous pour être admises au transport par chemin de fer. Il a précisé les essais expérimentaux auxquels doivent être soumis les nouveaux types de remplissage des bouteilles d'acétylène avant d'être mises en fabrication. Toutes les autorisations données actuellement par le Conseil d'hygiène sont subordonnées aux résultats des expériences faites par M. Burlot. De même, il a particulièrement étudié les dangers inhérents au stockage des explosifs proprement dits. On est obligé de les emmagasiner par grandes masses et il est indispensable de définir les conditions de magasinage capables d'empêcher en cas d'accident local, l'explosion de se transmettre d'un dépôt à un autre. C'est à cette occasion qu'il a entrepris ses études sur l'onde de choc rappelées plus haut. En fait, les règles de stockage aujourd'hui adoptées par les services de l'artillerie des poudres s'appuient sur les travaux de M. Burlot.

Il a enfin étudié la question de la sécurité de l'emploi des explosifs dans les mines de houille. Il a proposé un nouveau type d'explosif au chlorate de sodium, qui semble présenter des garanties de sécurité supérieures à celles des explosifs jusqu'ici employés.

Pour l'ensemble de ces études sur l'accroissement de la sécurité dans l'emploi des explosifs, la Commission des prix de chimie propose à l'unanimité de décerner le prix Montyon à M. **Burlot**.

La Commission propose en outre d'accorder une mention de 1500^{fr} à M. **Raymond Horclois**, ingénieur chimiste de l'École de physique et de chimie industrielles, pour ses recherches sur l'application de la catalyse négative à la lutte contre l'incendie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Marc Bridel**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle.

La réversibilité des actions diastasiques, considérée théoriquement comme possible, voire nécessaire, a reçu le premier appui expérimental

solide de Pottevin, en 1904, à propos des diastases agissant sur les glycérides.

En 1898, Croft Hill croyait être arrivé à un résultat analogue en opérant avec la maltase et, en 1912, Bayliss avec l'émulsine; le premier pensait avoir réalisé ainsi la synthèse diastasique du maltose et le second celle de l'arbutoside (autrefois arbutine). En réalité, il y avait bien eu synthèse diastasique, mais synthèse d'autres substances que celles prévues par la théorie de la réversibilité; les faits, bien établis par Pottevin dans le domaine des matières grasses, restaient à retrouver dans celui des holosides et des hétérosides. L'honneur d'y avoir réussi revient pour la plus grande part à Marc Bridel.

Ayant reconnu, comme l'avait déjà fait Dastre en 1893, que les diastases peuvent agir en présence d'alcool relativement concentré, Bridel eut l'idée, d'abord en collaboration avec Bourquelot, puis seul ou avec d'autres collaborateurs, de faire réagir diverses préparations diastasiques sur des solutions de glucose, de galactose, d'arabinose, dans divers alcools : méthylique, éthylique, propylique, etc. Il constata que les sucres entraient partiellement en union avec le dissolvant et réalisa ainsi la synthèse de toute une série de glucosides, de galactosides, d'arabinosides, les uns appartenant à la série α, lorsqu'ils avaient été obtenus sous l'influence de l'invertine de la levure, les autres à la série β, quand ils avaient été préparés avec l'émulsine des amandes. Comme, dans ces expériences, le rendement est d'autant plus élevé que l'alcool est plus fort, que l'oside formé peut, d'autre part, disparaître par hydrolyse lorsqu'on dilue avec de l'eau, il y a là un argument expérimental en faveur de la réversibilité des actions diastasiques du plus haut intérêt, et qui étend aux osidases les faits déjà établis pour les lipases.

Cet intérêt a encore été augmenté, au point de vue de la biosynthèse des matières sucrées, par l'application de la méthode à l'obtention du gentiobiose et du cellose, que l'on trouve engagés, le premier dans la molécule du gentianose et le second dans la molécule de la cellulose.

M. Bridel s'est fait connaître aussi pour la découverte et l'étude de nombreux hétérosides naturels. Ces corps, que l'on appelait glucosides avant la réforme de la nomenclature de Chimie biologique, sont extrêmement répandus chez les végétaux où ils jouent certainement un rôle de la plus grande importance. M. Bridel s'est appliqué avec un grand succès à les extraire, à déterminer dans plusieurs cas leur constitution chimique, à suivre leurs variations dans la plante. Ses nombreuses et remarquables

recherches dans cette direction l'ont conduit à penser que les hétérosides constituent une sorte de réserve de second ordre que la cellule utiliserait seulement après avoir consommé la réserve ordinaire : de saccharose, d'amidon, ou d'inuline, par exemple. M. Bridel n'a émis cette opinion qu'à titre d'hypothèse de travail et il aurait certainement réussi à en dégager la valeur si la mort ne l'avait pas enlevé, en pleine force, à la Science et à sa famille.

Pour récompenser les belles découvertes qui viennent d'être brièvement rappelées, ainsi que les travaux accomplis en connexion avec elles sur de nouvelles diastases, sur divers phénomènes de coloration des plantes, etc., la Commission avait envisagé d'attribuer le prix Jecker à **Marc Bridel**; elle propose aujourd'hui à l'Académie de maintenir cette attribution à titre posthume pour honorer un savant qui a rendu d'éminents services à la Chimie biologique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Béhal, Urbain, G. Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse; H. Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Hackspill**, professeur à la Faculté des sciences de Paris.

Les travaux faits personnellement par M. Hackspill ou dirigés par lui dans son laboratoire à l'Université de Strasbourg se rapportent tous à l'étude de réactions théoriquement très simples de la Chimie minérale, mais d'une réalisation rendue difficile, soit par les conditions de pression et de température nécessaires, soit par l'altérabilité des récipients. En triomphant de ces difficultés, il a réussi à découvrir des faits nouveaux et importants dans un domaine que l'on aurait pu croire *a priori* déjà épuisé.

Les réactions de substitution dans les composés binaires de la Chimie minérale donnent lieu à des équilibres dont la constante varie d'une façon considérable avec la température et suivant la chaleur de réaction. On peut arriver, dans les conditions *a priori* les moins favorables, à rendre les réactions complètes quand on parvient, par des moyens physiques appropriés, à séparer du milieu en équilibre l'un des constituants. Cette méthode est en somme une généralisation des fameuses lois de Berthollet.

C'est ainsi que M. Hackspill arrive à préparer les métaux alcalins en

partant d'un mélange de calcium et de chlorure alcalin. Par suite de l'équilibre résultant de la réaction de ces deux corps, il se produit une certaine quantité de vapeur de sodium, qu'il est possible de séparer par distillation dans le vide, à une température assez basse pour que les sels alcalins ne distillent pas d'une façon appréciable; il a donné ainsi de nouveaux procédés de préparation des métaux alcalins, qui sont devenus d'un usage courant. On prépare au laboratoire le rubidium et le cæsium par l'action du calcium sur les chlorures de ces métaux. Industriellement, on obtient aujourd'hui le sodium métallique par l'action sur le chlorure de sodium du carbure de calcium, qui réagit comme un simple mélange de carbone et de calcium.

Avec des sels moins volatils que les chlorures, comme les carbonates, les sulfates, les silicates, les phosphates, etc., on peut opérer à des températures plus élevées et alors déplacer le sodium par des métaux dont la chaleur de chloruration est bien moindre; le fer, le nickel, par exemple. La réaction endothermique devient de plus en plus complète à mesure que la température s'élève.

Dans le cas de certains acides, l'action réductrice du fer donne lieu à des réactions secondaires. M. Hackspill a ainsi reconnu avec le phosphate de potassium la production d'un nouveau phosphure très intéressant, P^5K^2, auquel correspond toute une famille de combinaisons semblables.

M. Hackspill a également étudié le déplacement des acides forts par des acides faibles peu volatils. L'acide silicique déplace ainsi l'anhydre phosphorique des phosphates de chaux; l'acide borique déplace les acides chlorhydrique et azotique; avec les sels alcalins, le produit final de la réaction est un pentoborate.

L'étude du déplacement de l'acide nitreux par l'acide carbonique a donné l'explication de graves altérations qui se produisaient dans les échangeurs de température servant à la fabrication de l'acide carbonique liquide.

Dans un ordre d'idées tout à fait différent, ce savant a étudié l'oxydation du phosphore par la vapeur d'eau, réaction qui a été proposée pour la préparation de l'hydrogène destiné à la synthèse de l'ammoniac. Il a reconnu que la vitesse d'oxydation était dix fois plus grande quand on remplaçait l'eau pure par une solution d'acide phosphorique suffisamment concentrée.

Les recherches les plus récentes de M. Hackspill sont relatives à la préparation du bore pur. Le bore cristallisé, dont Sainte-Claire Deville avait annoncé l'existence, est en réalité un borocarbure d'aluminium, et le bore, dit amorphe, est un produit souillé de toutes les impuretés au millieu desquelles il a été obtenu.

En raison de l'activité scientifique manifestée par M. **Hackspill** et de l'impulsion donnée par lui à ses élèves, la Commission des prix de chimie l'a jugé digne de recevoir le prix La Caze.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, G. Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine; Fosse, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre :

M. **Paul Thomas**, licencié ès sciences, ingénieur chimiste, qui étudie de nouvelles fermentations;

M. **Paul de Graeve**, ingénieur chimiste pour ses recherches sur de nouvelles fermentations provoquées par des diastases végétales ou animales.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, G. Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine; Fosse, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Dimitri Ivanoff**, professeur à l'Université de Sofia, pour ses travaux sur les synthèses réalisées à l'aide des composés organo-métalliques découverts par M. Victor Grignard.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX FONTANNES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux; Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gustave Sayn**, pour son œuvre paléontologique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Jacob; Fred. Wallerant, rapporteur.)

La Commision propose de décerner le prix à M. **Louis Royer**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour son œuvre cristallographique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DEMOLOMBE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Jacob; Ch. Barrois, rapporteur.)

M. **Paul Bertrand**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, a publié de nombreux travaux de Paléobotanique, qui ont contribué à la fois au progrès de la Botanique et à celui de la Géologie.

Il a étendu nos connaissances sur la nature et la succession des plantes des périodes géologiques les plus reculées, par l'étude particulièrement précise et pénétrante qu'il a faite de leur anatomie et de leurs caractères morphologiques. Ceux-ci ont permis des spécifications d'une exactitude particulière d'un grand secours aux géologues et aux mineurs.

Parmi ses études de paléobotanique pure, un éloge particulier est dû à l'anatomie des Fougères paléozoïques à structure conservée, et notamment à celle des genres qui se distinguent le plus des Fougères actuelles, par leur pétiole primaire à 4 piles de pétioles secondaires au lieu de 2 (Zygoptéridés). Très importantes aussi, pour l'histoire des Algues, sont les belles photographies qu'il a su donner de celles des Bogheads.

M. P. Bertrand ne s'est pas borné, comme paléobotaniste, à l'étude de l'anatomie et de la position systématique des plantes énigmatiques de l'époque houillère, ou à indiquer leurs alliés et leurs descendants actuels. Il a consacré en outre un très long et méritant effort à chercher et à dévoiler quelle fut la succession et la variation des flores houillères au cours des âges, dans la série des veines de charbon empilées en divers points de la terre, et notamment dans les bassins houillers du Nord de la France et de la Sarre. C'est même par ces dernières recherches qu'il a fixé l'attention de la Commission du prix Demolombe et mérité le prix.

Renonçant aux exposés synthétiques, les conservateurs du Musée houiller de Lille s'étaient assigné la tâche plus ingrate de se vouer à l'analyse la plus serrée, de la composition de ces bassins et des caractères individuels des veines qu'ils renferment. D'après le plan tracé par eux, les observations et prélèvements détaillés au fond de la mine, les déterminations au laboratoire des fossiles animaux marins ou terrestres, des fossiles végétaux, des caractères chimiques et microscopiques des veines devaient être faites d'un commun accord par des collaborateurs différents spécialisés, comparant leurs résultats, unissant leurs efforts en vue du même but.

Un des collaborateurs les plus distingués de cette œuvre, dont les résultats ont été d'ailleurs insérés aux *Comptes rendus de l'Académie* en 1927, était M. **Paul Bertrand**.

Les récoltes, les déterminations de plantes du bassin du Nord ont été faites par lui, les notions nouvelles acquises sur la répartition et la succession des espèces dans la suite des cent et quelques veines ou veinules de charbon de ce bassin sont son œuvre personnelle.

Il n'a atteint ce degré d'exactitude dans ses recherches de spécification, qu'en ramassant des termes de comparaison dans les gisements de France, de Belgique, de Hollande, d'Angleterre, d'Allemagne, d'Autriche, et du Maroc, dont il a réuni au musée houiller de Lille d'importantes collections. Les descriptions qu'il a faites des empreintes, l'anatomie très fine de séries de plantes, lui ont permis d'ajouter à nos connaissances sur la répartition et la succession des florules des veines des bassins houillers du Nord de la France

et de la Sarre, et d'accomplir des progrès dans la reconstitution de divers types végétaux éteints et les caractères des formes spécifiques.

Les diagnoses des nombreuses espèces nouvelles du bassin de la Sarre, la précision et la beauté des figures de la monographie consacré à ce bassin, ont atteint un degré de perfection digne de toutes les louanges.

La Commission propose de lui décerner le prix Demolombe.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Blaringhem; Molliard, rapporteur.)

La Commission a été unanime à proposer d'accorder le prix à M. **René Morquer**, docteur ès sciences, assistant à la Faculté des Sciences de Toulouse, pour son beau travail intitulé : *Recherches morphogéniques sur le* Dactylium macrosporum; l'auteur y envisage les réactions que présente cette Mucédinée dans ses caractères morphologiques vis-à-vis des différents aliments, ainsi que de l'acidité et de la pression osmotique des milieux de culture.

Ce mémoire peut être considéré comme le modèle d'une monographie; il démontre en particulier que certains des caractères sur lesquels on s'appuie en systématique pour établir les espèces n'ont souvent aucune valeur, car ils apparaissent comme variables avec le milieu.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Mangin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gontran Hamel**, docteur ès sciences, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour son ouvrage intitulé : *Chlorophycées des côtes françaises*.

Il comprend toutes les espèces récoltées sur les côtes de la Manche, de l'Océan Atlantique, de la Méditerranée et de l'Afrique du Nord; certains genres, notamment les *Cladophora* et les *Enteromorpha* dont les espèces sont si difficiles à distinguer, ont été étudiés avec un soin particulier.

Ce travail est non seulement le premier paru sur les Algues marines françaises, mais il constitue la première flore européenne détaillée et illustrée sur ce sujet.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Lecomte, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000fr à M. **Alfred Saint-Yves**, chef d'escadron d'artillerie en retraite, pour ses ouvrages intitulés : *Les* Festuca *de la Section Eu-Festuca et leurs variations dans les Alpes maritimes*; et *Contribution à l'étude des* Festuca (*Subgen Eu-Festuca*) *de l'Amérique du Sud*.

Un prix de 1000fr à feu **John Briquet**, ancien directeur du Conservatoire et du Jardin botanique de Genève, pour l'ensemble de ses travaux.

Dans l'importante famille des Graminées, les *Festuca* forment un genre cosmopolite spécialement riche en espèces. Un travail d'ensemble pour les espèces d'Europe avait été publié par Hackel en 1882. Grâce à la richesse des grands herbiers européens mis à sa disposition, M. **Alfr. Saint-Yves** a entrepris l'étude comparative des *Festuca* des deux Mondes. Pour cela il signale avec raison quelques caractères de morphologie externe mis en lumière par le professeur Hackel et trop souvent négligés par les Botanistes; nous citerons les caractères de la gaine, la hauteur relative des anthères, l'état glabre ou villeux du sommet de l'ovaire; M. Saint-Yves y joint la structure anatomique du limbe de la feuille. En combinant ces caractères, M. Saint-Yves a entrepris avec fruit une étude comparative et méthodique des *Festuca* des deux Mondes.

Les résultats de ces études sont consignées dans une série de Mémoires publiés de 1913 à 1929.

Le travail complet de M. **Saint-Yves**, poursuivi avec une rare persévérance pendant plus de 25 ans, forme un ensemble imposant et ses clefs judicieusement établies seront utilisées avec profit par les botanistes.

Pendant plus de trente années, le botaniste suisse, le Dr **John Briquet**, a assuré la direction du Conservatoire et du Jardin botanique de la ville de Genève, dont il avait su faire un établissement de premier ordre, surtout après l'entrée des collections de Burnat et de Candolle.

John Briquet a personnellement consacré de nombreux travaux à l'étude de la flore des Alpes françaises et en particulier des Alpes maritimes. Dans ces dernières années il avait préparé un *prodrome de la flore de la Corse* qui sera prochainement publié. Il s'était récemment intéressé à la flore de notre Maroc, quand un douloureux accident de cheval vint interrompre le voyage botanique qu'il avait spécialement entrepris.

Pour reconnaître la contribution importante de **John Briquet** à l'étude de la flore de France; pour souligner en même temps le rôle brillant et presque prépondérant de cet éminent botaniste dans nos derniers Congrès internationaux de Botanique (1900, 1905, 1910, 1931), consacrés surtout à l'unification des règles de la nomenclature botanique, la Commission propose de lui attribuer, à titre posthume, un prix supplémentaire de Coincy.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Caullery; Gravier, rapporteur.)

M. **Pierre Fauvel**, professeur à la Faculté catholique des sciences d'Angers, a publié de nombreux et importants Mémoires se rapportant surtout au groupe si varié des Annélides Polychètes, qui a donné lieu à tant de considérations théoriques relatives à la phylogénie des animaux. Il a étudié ces Vers marins à des points de vue très divers : morphologique, anatomique, embryologique, éthologique, biogéographique. Il s'est classé parmi les tout premiers annélidologues du monde entier, où il jouit d'une réputation aussi haute qu'incontestée; aussi, lui a-t-on confié l'étude de

collections provenant de toutes les parties du globe : Atlantique (collections du prince de Monaco, San-Thomé, etc.); Océan Indien [Mer Rouge, Golfe Persique, Inde (Indian Survey), etc.]; Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Australie, etc.). Il a consacré, à la faune des Polychètes des côtes de France, deux volumes comptant un millier de pages et contenant la description de 700 espèces environ, avec près de 4000 figures, des tableaux dichotomiques, la discussion critique de la valeur des caractères et la répartition géographique. Cet ouvrage est indispensable aux zoologistes qui s'occupent de ces Vers annelés.

Au point de vue physiologique, M. P. Fauvel a entrepris de nombreuses recherches, pour lesquelles il expérimentait très souvent sur lui-même, relatives aux régimes alimentaires, à la valeur alimentaire des différents pains, au régime sans purines, à l'excrétion urique, etc.

La Section d'Anatomie et Zoologie, qui attache une haute importance morale au prix Cuvier, vous propose, à l'unanimité, de l'attribuer à M. **P. Fauvel**, dont la carrière offre un rare exemple d'abnégation et de conscience. Il abandonna, tout jeune, une situation fort enviable dans l'administration des finances pour entrer, en qualité de préparateur, au Laboratoire de zoologie de la Faculté des sciences de Caen, et il serait devenu sans doute, depuis bien longtemps, professeur titulaire dans l'une de nos Universités. Entraîné par de fortes convictions religieuses, il quitta délibérément les établissements de l'État pour devenir professeur à l'Université catholique d'Angers, où, avec des ressources extrêmement limitées, à tous les points de vue, il trouva le moyen, grâce à une volonté opiniâtre, de mener à bien une œuvre scientifique qui lui fait le plus grand honneur, ainsi qu'à la zoologie française.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Mesnil, Gravier, Caullery; Joubin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Armand Billard**, doyen de la Faculté des sciences de Poitiers, pour son œuvre sur *Les Hydroïdes du golfe de Suez*.

M. Armand Billard, a publié un grand nombre de mémoires sur les Hydroïdes des mers les plus diverses.

Parmi ces Hydroïdes il faut signaler ceux qui proviennent de la mer Rouge et qui correspondent aux conditions du prix Savigny.

L'auteur a montré que certaines espèces de ces animaux ont pu pénétrer par le canal de Suez dans la Méditerranée et que d'autres ont suivi un chemin inverse. Ils ont réussi à s'acclimater dans des conditions d'existence très différentes de celles auxquelles ils étaient soumis à leur point de départ. Dans le canal même une faune spéciale s'est installée qui paraît en rapport avec la faune Indo-Pacifique. Le long de la côte de Syrie, de nombreux Hydroïdes, jusque-là mal connus, ont été étudiés par M. Billard qui a précisé leur extension sur les côtes d'Égypte et dans la Méditerranée occidentale. Dans le golfe de Tadjourah il a décrit une faune spéciale qui s'étend jusque dans le nord de la mer Rouge, où elle était inconnue.

Signalons encore une étude des Hydroïdes de Madagascar et de l'Afrique orientale comprenant de nombreuses espèces inédites.

Ces travaux originaux sont d'un grand intérêt pour la faune de la mer Rouge, de l'Afrique et de la Méditerranée; ils ne représentent qu'une partie de l'œuvre de M. **Billard**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre de Boissezon**, docteur ès sciences, pour son mémoire intitulé : *Contribution à l'étude de la biologie et de l'histophysiologie de* Culex Pipiens *L.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : M. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Mesnil; Bazy, Vincent, Calmette, Achard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Paul Chevallier**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur la maladie de Hodgkin.

Un prix de 2500fr à M. **Philippe Lasseur**, professeur, et à Mlle **Andrée Dupaix**, pharmacien-moniteur à la Faculté de pharmacie de Nancy, pour leurs travaux de microbiologie.

Un prix de 2500fr à M. **Victor Veau**, chirurgien, et à Mme **Suzanne Borel**, assistante phonétique à l'hôpital des Enfants-assistés pour leur ouvrage intitulé : *Division palatine, Anatomie, Chirurgie, Phonétique*.

Une mention honorable de 1500fr est accordée, à M. **Jean Albert-Weil**, ancien chef de clinique médicale adjoint à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour son ouvrage intitulé : *Les poisons du bacille tuberculeux et les réactions cellulaires et humorales dans la tuberculose*.

Une mention honorable de 1500fr est accordée à M. **Grégoire Ichok**, directeur des services d'hygiène de Clichy, pour son ouvrage intitulé : *Travail des malades et des infirmes*.

Une mention honorable de 1500fr est accordée à MM. **Raoul Leroy**, médecin chef, et **Georges Médakovitch**, chef de laboratoire à l'Asile Sainte-Anne, pour leur ouvrage intitulé : *Paralysie générale et malariathérapie*.

Une citation est accordée à MM. **Henry Chabanier**, ancien interne des hôpitaux, et **Carlos Lobo-Onell**, docteur en médecine pour leur ouvrage intitulé : *Précis du diabète*.

Une citation est accordée à MM. **Charles Dubois**, directeur des services vétérinaires du Gard, et **Noël Sollier**, chef de laboratoire des hôpitaux de Nîmes, pour leurs *Travaux sur la fièvre ondulante*.

Rapport de M. Achard *sur les travaux de M.* **Paul Chevallier.**

La lymphogranulomatose maligne, appelée encore maladie de Hodgkin, est un sujet d'actualité. Un grand nombre de travaux ont été publiés sur cette affection si longtemps confondue avec d'autres et à laquelle on a reconnu une caractéristique histologique. Son principal intérêt vient des problèmes de pathologie générale qu'elle soulève : rapports des inflammations avec les néoplasmes, rapport du processus granulomateux avec la tuberculose et notamment avec l'ultra-virus tuberculeux.

M. **Paul Chevallier**, en collaboration avec M. Jean Bernard, a consacré à ce sujet une monographie qui sera indispensable à tous ceux qui voudront étudier la question. Non seulement il en a fait une excellente mise au point, mais il a fourni à cette étude un grand nombre de recherches personnelles. La richesse de la documentation, l'abondance des figures en majorité originales, donnent à cet ouvrage une haute valeur.

Votre Commission a donc estimé qu'il était digne du prix.

Rapport de M. Vincent *sur la candidature de M.* **Philippe Lasseur** *et Mlle* **Andrée Dupaix.**

M. Philippe Lasseur, professeur à la Faculté de pharmacie de Nancy et Mlle Andrée Dupaix, ont envoyé, pour concourir au prix Montyon de médecine, trois volumes imprimés intitulés : *Travaux du Laboratoire de microbiologie de la Faculté de pharmacie de Nancy* (1930-1931).

On est frappé, à la lecture de ces ouvrages, par la multiplicité et le grand intérêt que présentent les Mémoires qui y sont réunis. Un grand nombre de problèmes généraux qui concernent la biologie de certaines bactéries, y sont soulevés, analysés et étudiés avec une remarquable compétence.

Cet ensemble de travaux fait honneur à la Faculté de pharmacie de Nancy, à son laboratoire de microbiologie et au Professeur qui le dirige.

La Commission propose d'accorder le prix à M. **Philippe Lasseur** et Mlle **Andrée Dupaix.**

Rapport de M. Bazy *sur l'ouvrage de M.* **Veau** *et de Mlle* **Suzanne Borel,** *intitulé :* Division palatine, Anatomie, Chirurgie, Phonétique.

M. le Dr **Victor Veau**, chirurgien de l'hospice des Enfants-assistés, nous a envoyé un beau volume sous ce titre.

C'est un livre basé sur l'expérience des 500 cas qu'il a opérés. C'est donc un livre très personnel : c'est en outre un livre original : il l'est par une technique impeccable et qui n'appartient qu'à son auteur et qu'il s'efforce de répandre autour de lui. Il l'est surtout parce que cette technique s'appuie sur des considérations anatomiques et physiologiques sérieuses et, à ce titre, il se montre éminemment scientifique et n'est pas une simple démonstration de médecine opératoire.

Ce livre divisé en trois parties : la première anatomique, la deuxième chirurgicale, sont l'œuvre personnelle du Dr Victor Veau. La troisième est de sa collaboratrice Mlle **Borel**, licenciée ès lettres, élève de l'abbé Rousselot; elle y montre, d'après ses recherches survenant après celles de son maître, une méthode de rééducation de ces opérés qui est réellement remarquable et à laquelle M. Veau attache une grande importance. Cette troisième partie, qui a trait à la phonétique, orne et complète l'œuvre anatomo-chirurgicale de l'auteur principal.

J'estime que cet ouvrage remarquable mérite de tous points un des trois prix Montyon de médecine et chirurgie.

Rapport de M. Calmette *sur les travaux de M.* **Jean Albert-Weil.**

L'ouvrage adressé à l'Académie des sciences à l'appui de sa candidature à l'un des prix Montyon par M. Jean Albert-Weil est une thèse de doctorat en médecine soutenue devant la Faculté de médecine de Strasbourg. Il a pour objet l'étude des poisons du bacille tuberculeux et les réactions cellulaires et humorales dans la tuberculose. Il comporte quelques expériences effectuées par l'auteur dans le laboratoire du professeur Borrel, à l'Institut d'hygiène et de bactériologie de Strasbourg, grâce aux subsides fournis par la fondation Michelin et par le baron Henri de Rotschild.

La plus importante partie de ce travail est un exposé de ce que l'on sait actuellement sur la constitution chimique du bacille de Koch. Il n'apporte aucune notion nouvelle. Il sert de base aux conceptions hypothétiques de M. Jean Albert-Weil sur le mécanisme de l'allergie dans la tuberculose. Pour lui, les réactions allergiques ne dépendent théoriquement en aucune façon de la lésion cellulaire, mais elles seraient liées vraisemblablement à la présence dans l'organisme de protéines bacillaires hydrosolubles.

Les expériences de l'auteur ne fournissent pas la démonstration du bien-fondé de cette hypothèse. Elles dénotent seulement un effort personnel pour analyser le phénomène de l'allergie.

Votre rapporteur propose de récompenser cet effort en accordant à M. Jean Albert-Weil une mention.

Rapport de M. Vincent *sur l'ouvrage de M.* **Grégoire Ichok.**

L'ouvrage de M. **Grégoire Ichok** intitulé : *Travail des malades et des infirmes* étudie, dans leurs détails, les divers travaux manuels que l'on peut demander, sans nuire à leur état de santé, aux diverses catégories de malades atteints d'affections chroniques. Étude consciencieuse, d'une utilité pratique réelle et d'un intérêt social non moins évident.

Rapport de M. Mesnil *sur le livre de MM.* **Leroy** *et* **Médakovitch**, *intitulé :* Paralysie générale et Malariathérapie.

Cet ouvrage didactique, préfacé par le D[r] Wagner-Jauregg, à qui l'on doit le traitement de la paralysie générale par la pyrétothérapie, est la première mise au point publiée en France. Elle a de plus le mérite d'apporter des faits nouveaux : par exemple, les auteurs montrent qu'en appliquant un traitement complémentaire spécifique mixte à haute dose, on peut arriver à récupérer jusqu'à la moitié des paralytiques généraux. Ils montrent aussi que, consécutivement à la disparition des symptômes de méningo-encéphalite, peut apparaître une forme clinique nette de psychose hallucinatoire chronique, c'est-à-dire tout l'opposé de la paralysie générale; une première lumière est ainsi portée sur une maladie jusque-là inconnue dans ses lésions et sa pathogénie.

L'Académie adopte les conclusions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Stefan Jellinek**, professeur d'électropathologie à l'Université de Vienne, pour ses recherches sur les divers cas d'électrocution et les soins à donner aux victimes.

Dès le début de ses applications industrielles l'électricité a donné lieu à des accidents, parfois mortels, d'électrocution. En 1884, j'entrepris d'en

étudier les causes physiologiques et les moyens d'y remédier dans une note publiée le 27 décembre à la Société de Biologie et plus tard développée à l'Académie en 1885, 1887, 1894, etc. Ma conclusion, confirmée par l'expérience, fut que, dans la majorité des cas, la mort n'est qu'*apparente* et qu'il est possible de rappeler l'électrocuté à la vie par la respiration artificielle. Tout foudroyé doit être traité comme un noyé suivant ma formule devenue classique. Ces essais lointains ont été l'origine de nombreuses recherches dont les plus suivies et les plus originales sont dues au Dr Stefan Jellinek de Vienne (Autriche).

Depuis plus de 30 ans ce savant s'est exclusivement consacré à l'étude physiologique et clinique des accidents variés causés par l'électricité. En 1910, j'ai présenté à la Société des électriciens son magnifique atlas d'électropathologie qui fut une révélation, tant pour les médecins que pour les électriciens. Plus tard trois nouveaux ouvrages ont été offerts à notre Académie. Le dernier, paru cette année même, est intitulé *Blessures et plaies causées par l'électricité*. M. Jellinek a condensé ses principales découvertes dans quatre Notes que je vous ai présentées de sa part de 1925 à 1930. L'année dernière encore, il les a exposés dans une conférence donnée à notre Faculté de Médecine. L'espace qui m'est réservé ne me permet pas de donner, même succinctement, un exposé des faits nouveaux découverts par M. Jellinek. Qu'il me suffise de dire que nous devons à ce chercheur obstiné une branche entièrement nouvelle de la médecine : l'*électropathologie*, dont l'importance sociale s'accroît avec le développement des réseaux électriques. Aussi l'Université de Vienne a-t-elle consacré l'importance de cette science nouvelle par la création en 1929 de la première chaire d'électropathologie mondiale et en en confiant la direction à M. Jellinek. A sa chaire est annexée une clinique médico-chirurgicale réservée aux accidents électriques et complétée par un musée d'électropathologie unique au monde, où sont exposées les pièces que le professeur a pu voir depuis 30 ans dans sa pratique.

En présence de tant de travaux si importants et si divers, votre Commission a été unanime pour proposer à l'Académie de décerner le prix Barbier à M. **Stefan Jellinek**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Leclainche, Bazy, Vincent, Calmette, Achard; Quénu, Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Pierre Delanoë**, médecin de l'assistance indigène à l'Hôpital régional de Mazagan, pour ses études du Spirochète marocain.

Un prix de 2500fr à MM. **Jean Sabrazès**, professeur, **Georges Jeanneney**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Bordeaux, et **René Mathey-Cornat**, électroradiologiste des Hôpitaux, pour leur ouvrage intitulé : *Les tumeurs des os*.

Rapport de M. F. Mesnil *sur les travaux de M.* **Delanoë**.

MM. Ch. Nicolle et Ch. Anderson, qui ont établi la présence du Spirochète espagnol chez les ornithodores du Maroc (espèce *erraticus*, appelée alors *marocanus*), ont émis la supposition que ces ornithodores sont des hôtes primitifs des terriers de petits rongeurs, lesquels seraient les réservoirs de virus du spirochète. M. **Delanoë** s'est attaché à vérifier cette hypothèse.

Il a d'abord montré la présence de l'ornithodore dans les terriers de porcs-épics et de renards et établi que ces ornithodores sont particulièrement infectants pour le cobaye, alors que ceux vivant dans les habitations humaines ou dans les porcheries le sont peu ou pas du tout. Il démontre ensuite que non seulement ces deux espèces animales, mais encore le mérion, le chacal et le hérisson, sont pendant le jeune âge infectés par le *Sp. hispanicum*, et possèdent à l'âge adulte une solide immunité qui se traduit entre autres par la présence d'anticorps protecteurs; pour le rat et la souris, il n'est arrivé qu'à des résultats négatifs.

En somme, les recherches de M. Delanoë ont abouti à reconnaître cinq espèces animales, habitant des terriers, comme réservoirs de virus du spirochète marocain.

M. **Delanoë** a encore étudié l'action pathogène dudit spirochète pour diverses espèces animales et aussi pour l'homme; mais ce qui précède suffit, à notre avis, pour justifier l'attribution d'un prix Bréant à l'auteur.

Rapport de M. QUÉNU *sur le livre de MM.* **SABRAZÈS, JEANNENEY** *et* **MATHEY-CORNAT.**

Le livre présenté par MM. **SABRAZÈS, JEANNENEY** et **MATHEY-CORNAT** est avant tout un ouvrage didactique exposant l'état actuel de nos connaissances sur les tumeurs des os. Ouvrage très complet, très documenté, orné de 167 figures dont un grand nombre originales. Le texte lui-même indique que les auteurs ont observé soit cliniquement, soit anatomiquement les tumeurs dont ils donnent la description; j'estime que ce travail mérite une récompense.

Votre Commission vous propose d'attribuer un prix Bréant à MM. **SABRAZÈS, JEANNENEY** et **MATHEY-CORNAT.**

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Bazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **MARTHE LAMY**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *La coxite gonococcique*.

La coxite gonococcique est une complication heureusement assez rare d'une des plus graves affections de l'appareil génito-urinaire, je veux dire la gonococcie. Ce travail est non seulement une mise au point de cette complication de la gonococcie, mais par l'étude de multiples observations inédites, dont quelques-unes personnelles, il a fortement contribué à cette mise au point, et il pourrait au besoin en revendiquer par les descriptions détaillées et précises de l'anatomie pathologique et de la symptomatologie, la primauté.

C'est donc en même temps qu'une étude détaillé et précise, un travail original.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette; Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le D[r] **Henri Bouquet**, rédacteur médical et scientifique du *Temps*, pour son ouvrage intitulé : *Tout le corps humain. Encyclopédie illustrée des connaissances médicales*. C'est une vaste encyclopédie des connaissances médicales dont il a assumé la direction et qu'il a su mener à bien malgré les difficultés très grandes d'une telle tâche. Il en a lui-même écrit certains chapitres et en a confié d'autres à des auteurs particulièrement compétents.

On y trouve un résumé de toute l'anatomie, l'histologie et la physiologie de l'homme, ainsi que de la pathologie, de l'hygiène et de la thérapeutique avec de très nombreuses figures, aidant beaucoup à comprendre les descriptions forcément concises des divers chapitres. Il y a aussi une appréciable quantité de documents artistiques intéressant l'histoire de la médecine.

Votre Commission, reconnaissant l'effort très méritoire de M. **Bouquet**, vous propose de lui décerner ce prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Roux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Édouard Imbeaux**, correspondant de l'Académie, pour son *Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau et égouts de France, Algérie, Tunisie, Maroc et colonies françaises, Belgique, Suisse et Grand-Duché du Luxembourg*.

La première édition de ce livre parut en 1903, la seconde en 1909 et la troisième en 1920; il est le seul ouvrage réunissant les renseignements exacts sur l'alimentation en eau des diverses localités de France et aussi sur les réseaux d'égouts évacuant les eaux usées. Les deux premières éditions traitaient seulement des installations sanitaires des villes de 5000 habitants et plus, cette troisième édition comprend jusqu'aux agglomérations de

3000 habitants, ainsi que les trois départements d'Alsace-Lorraine, le Maroc, les nouvelles Colonies et le Congo belge. De plus, l'auteur a relevé au Ministère de l'Agriculture les travaux d'adduction d'eau faites dans les petites communes avec l'aide des fonds du Pari mutel depuis 1884. Il a ajouté aussi des monographies concernant les syndicats de communes réunies pour effectuer ensemble une distribution d'eau potable. Les questions d'assainissement ont été beaucoup développées dans cette troisième édition; celle des égouts est traitée avec un soin particulier. Enfin la description géologique de chaque département a été complétée; pour l'Afrique du Nord une belle étude d'ensemble a été donnée par le professeur Savornin.

La troisième édition de l'*Annuaire de distribution d'eau et des égouts de la France* est donc un ouvrage nouveau. Il représente un travail si considérable que l'on admire que M. Imbeaux ait pu y suffire. Il est indispensable aux hygiénistes, aux ingénieurs, aux administrateurs, aux entrepreneurs et à tous ceux qui ont besoin d'être renseignés sur l'état de salubrité des agglomérations de notre pays. En tenant à jour le grand travail qu'il a fait paraître pour la première fois en 1903, M. **Imbeaux** a rendu un grand service à la cause de l'hygiène en France; il ne signale pas seulement les progrès, mais aussi les défections à corriger et ce qui reste encore à réaliser pour assainir les agglomérations de notre pays.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Calmette, Lapicque; Hyacinthe Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules Beyne**, médecin-colonel, pour son étude sur *le mal des aviateurs*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Mangin, Ch. Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Fredericq**, professeur de physiologie à l'Université de Liége, membre de l'Académie royale de médecine de Belgique, qui a produit, jeune encore, une œuvre expérimentale considérable; il en présente à l'Académie trois chapitres, et, parmi ceux-ci, je choisirai un résultat, le plus original et le plus important. C'est à savoir que les nerfs modificateurs du rythme cardiaque sont en même temps modificateurs de la chronaxie de l'organe; le pneumogastrique, nerf de ralentissement ou d'arrêt, diminue la chronaxie; le sympathique, accélérateur, l'augmente. L'arrêt du cœur, par l'excitation du nerf pneumogastrique, a été le premier exemple et est resté le type de cette action mystérieuse qu'on appelle l'inhibition. Le fait apporté par **Fredericq** en 1924 et précisé par lui-même est un des rares éléments d'information positive acquis dans ce domaine. Ses expériences ont été l'objet de vérifications en divers pays, ce qui établit à la fois leur exactitude et l'intérêt qu'y ont attaché les physiologistes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Mangin, Quénu, Mesnil, Gravier; Ch. Richet, rapporteur.)

Les travaux de M. **Émile Abelous**, doyen de la Faculté de médecine de Toulouse, sont nombreux et importants. Depuis 1888 jusqu'aujourd'hui, M. Abelous n'a cessé de travailler assidûment, et il a abordé avec succès les principales questions de la physiologie, surtout de la chimie physiologique. Sur divers points, il a pu faire de notables découvertes.

I. Je signalerai spécialement les travaux faits dans mon laboratoire, avec notre regretté ami J.-P. Langlois, sur le rôle des capsules surrénales, ces glandes endocrines dont Brown-Séquard, il y a trois quarts de siècle, avait montré si ingénieusement le rôle prépondérant. A la suite de très nombreuses expériences sur les grenouilles, les cobayes, les lapins et les chiens, Abelous et Langlois ont vu que les capsules surrénales avaient pour rôle principal de neutraliser ou de détruire les produits toxiques élaborés au cours du travail musculaire, poisons qui, en l'absence des capsules surrénales, s'accumulent dans l'organisme de manière à entraîner la paralysie et la mort. Ils ont vu aussi qu'on retarde considérablement la mort en greffant en un point quelconque de l'organisme un fragment de capsule surrénale avant l'ablation de la glande. Si l'on enlève le greffon, l'animal présente les troubles habituels et meurt.

II. Après ces beaux travaux, M. Abelous a montré qu'il existe dans l'organisme animal, aussi bien chez les Invertébrés que chez les Vertébrés, des *diastases oxydantes* du type de la laccase.

III. Avec Bardier, Abelous a étudié d'une manière approfondie la toxicité de l'urine humaine. Ils en ont extrait une base alcaloïdique qu'ils ont appelée urohypertensine, et même ils ont pu isoler une *urotoxine* qui détermine la mort à la faible dose de 1^{cg} par kilogramme de poids vif.

Tous ces travaux, qui introduisent dans la chimie physiologique des données essentielles et imprévues, ont paru à votre Commission assez importants pour qu'à l'unanimité elle propose à l'Académie de décerner le prix La Caze à M. **Émile Abelous**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Ch. Richet, Quénu, Gravier; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Rapkine**, assistant à l'Institut Rothschild, pour ses travaux sur l'énergétique du développement, les potentiels d'oxydo-réduction dans les cellules et les processus chimiques au cours de la division cellulaire (présence, cycle et rôle du groupement SH).

M. Rapkine a d'abord opéré avec les œufs d'oursin. Il a montré que la quantité des groupements — SH augmente dans la période qui précède la division; en fixant les œufs au moyen d'une solution 1 : 100000 de sublimé, on arrête la division cellulaire; en les replaçant rapidement dans une solution de cystéine ou d'acide thio-glycolique, on détermine la reprise de la division. L'opération qui restitue aux cellules des groupes — SH y amène aussi, comme dans l'œuf normal, un accroissement de production d'acide lactique. Ces phénomènes dépendent dans l'œuf (comme dans le muscle) de groupements sulfhydriles fixes dont les groupes — SH solubles catalysent l'action. L'accroissement de ces groupes, qui apparaît brusquement 10 à 15 minutes avant la première division qui suit la fécondation de l'œuf, paraît lui-même dériver d'une dénaturation des protides de l'œuf qui mettraient en liberté les groupes visés. M. Rapkine est ainsi amené à rapprocher le processus de la prédivision de celui de la contraction musculaire et plus généralement de ceux qui caractérisent la vie anaérobie. Il y a là un ensemble de faits que l'auteur, en collaboration avec MM. Chatton et Lwoff, a pu étendre à des Ciliés, et qui constitue une contribution des plus intéressantes à un important problème jusqu'ici négligé. Aussi votre Commission propose-t-elle l'attribution du prix Pourat à M. **Rapkine**.

Une mention honorable pourrait être accordée à M. **Gabriel Laniez**, docteur en médecine, licencié ès sciences, pour son Mémoire sur *la loi des surfaces chez les Homéothermes. Essai critique. Interprétation physique et physiologique. Applications au métabolisme de base.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Fleuret**, vétérinaire-commandant, pour ses travaux sur la nutrition des animaux et en particulier sur la cétogénèse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Kucharski**, docteur ès sciences, pour ses recherches sur l'audition.

Dans un labeur patient de plusieurs années, utilisant les ressources les plus récentes de l'électrotechnique, M. Kucharski a rectifié et considérablement précisé les lois de l'audition en fonction de la durée du phénomène sonore. Il est arrivé à ce résultat, paradoxal pour la théorie classique, mais solidement établi et bien contrôlé physiquement, qu'une période vibratoire unique suffit à donner la sensation tonale, et même, pour une oreille exercée, à permettre la reconnaissance de la note correspondante. Il a, en outre, fait faire des progrès intéressants à la notion de voyelle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier.)

Le prix n'est pas décerné.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Ém. Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach).

Le prix n'est pas décerné.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Bouvier, de Launay, Ch. Richet, Ém. Borel, Matignon, Caullery; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Abel Rey**, professeur à la Faculté des lettres de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur l'histoire des sciences.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Bourgeois, Richet, Émile Picard, Borel, Gravier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^{fr} à M. **Jules Rouch**, capitaine de frégate, pour ses nombreux ouvrages d'Océanographie, de Météorologie et ceux consacrés aux expéditions polaires.

Un prix de 2000^{fr} à M. **Georges Kimpflin**, docteur ès sciences, pour ses publications sur la résine artificielle et le problème du chauffage.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Bourgeois, Ch. Richet, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille est décernée à :

M. **Eugène Burlot**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
M. **Louis Hackspill**, lauréat du prix L. La Caze de chimie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Emile Borel, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Soula**, professeur à l'Université de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux sur les séries entières.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALHUMBERT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Fabry, A. de Gramont; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Francis Myard**, chef des travaux de mécanique à l'École centrale des arts et manufactures, pour ses travaux sur les systèmes articulés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Joubin, Caullery; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gabriel Arnaud**, ingénieur agricole, docteur ès sciences, directeur adjoint de la Station centrale de pathologie végétale de Versailles, et à M[me] **Madeleine Arnaud**, licenciée ès sciences, pour leur *Traité de pathologie végétale*.

Cet important ouvrage en deux volumes abondamment illustrés comprend en outre un magnifique Atlas de 34 planches en couleurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Ch. Richet, Mesnil, Gravier; Louis Joubin, rapporteur.)

M. **François Kiss**, professeur à l'Université de Szeged (Hongrie), connu par ses recherches devenues classiques sur le mécanisme du fonctionnement des tissus érectiles et sur le rôle du trophoblaste dans la fixation de l'embryon, a consacré ces dernières années à l'étude des plexus sympathiques de l'abdomen et de leurs rapports réciproques. Ces recherches ont été effectuées en partie au laboratoire d'anatomie humaine de l'Université de Szeged, en partie dans celui d'anatomie comparée du Muséum national d'histoire naturelle.

Le professeur Kiss a associé à ses travaux son assistant, le docteur **Jules Botár**, qui a appliqué, à une révision complète du système sympathique dans les diverses familles de Mammifères, ses données nouvelles.

Leurs principales conclusions peuvent être ainsi résumées :

1° Le pneumogastrique est un nerf cranien ordinaire, dont les branches motrices et sensitives innervent la partie supérieure du tube intestinal embryonnaire et ses dérivés, y compris les organes respiratoires.

2° Il n'y a aucune différence essentielle entre, d'une part, les rapports du pneumogastrique et du sympathique, et, d'autre part, les rapports des nerfs spinaux et du sympathique.

3° L'innervation effective (motrice et sécrétrice) des organes abdominaux est effectuée exclusivement par le sympathique.

4° Le ganglion cœliaque, de même que tous les ganglions para et prévertébraux, dépend exclusivement du sympathique.

5° L'idée d'un système dit parasympathique n'a pas de substratum anatomique. Les phénomènes parasympathiques doivent donc être considérés comme des phases négatives du sympathique.

Cet ensemble de découvertes de premier ordre, au point de vue de la physiologie du système nerveux, a une portée considérable en médecine. Il a fait l'objet de mémoires détaillés dans les *Archives* et le *Bulletin du Muséum* et dans les *Mémoires de la Société d'Anthropologie*.

La Commission propose à l'Académie de décerner le prix Lallemand à MM. **Kiss et Botár**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SERRES.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Ch. Richet, Quénu, Leclainche, Joubin, Gravier; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Édouard Chatton**, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, directeur de la Station biologique de Sète, pour ses travaux sur le cycle évolutif et le déterminisme de la sexualité chez les Protozoaires.

L'œuvre biologique de M. Chatton est, à ne s'en rapporter qu'au matériel étudié, presque exclusivement protistologique. Mais si l'on en considère les tendances et les résultats, on peut y distinguer :

1° Une série de découvertes mettant au jour des formes, parfois des groupes entiers nouveaux (Péridiniens parasites, Ciliés Thigmotriches, Ciliés Apostomes), dont il a reconstitué les cycles évolutifs de bout en bout. C'est là, dans le domaine des organismes inférieurs, proprement une œuvre d'embryologiste descripteur. Bien des Protistes ainsi étudiés (Amibes, Trypanosomides, Toxoplasmes, Blastocystis) sont des parasites, certains de l'homme ou des animaux supérieurs.

2° Une série de travaux tendant à synthétiser les notions tirées des recherches précédentes telles qu'une conception générale de l'énergide (au sens originel de Sachs) et de son appareil locomoteur élémentaire, la cinétide (Chatton), et aussi la conception du jeu indépendant des constituants cellulaires.

3° Une autre série de travaux expérimentaux portant sur une des questions fondamentales de l'embryogénie expérimentale et causale et que l'on peut formuler ainsi : étant donné une lignée de cellules susceptibles de se multiplier indéfiniment sans sexualité, quel est le déterminisme de la crise sexuelle, définie par les processus cytologiques de la méiose et de la mixie? M. Chatton a traité parallèlement le problème chez les Ciliés et chez les Flagellés. Avec Mme Chatton, il établit que, contrairement aux données jusque-là classiques, ce ne sont pas les facteurs internes (nombre des générations agames, intensité de la multiplication, maturité eugamique, ascendances hétérogènes), qui déterminent la crise sexuelle des Infusoires, mais bien les facteurs externes. Ses expériences l'amènent à en distinguer trois dont la conjonction, réalisable à volonté, détermine toujours la sexualité : une inanition relative, un pH inférieur à 7,8 et un agent zygogène spécifique, variable avec les espèces d'Infusoires et qui, pour le *Glaucoma scintillans*, est soit l'ion Ca, soit l'ion Fe, soit l'acide pyruvique. Le fait que ce dernier corps est un produit fréquent de la fermentation du glucose par les Bactéries explique l'action zygogène spécifique de certaines espèces bactériennes.

4° Une autre série de recherches, effectuées avec A. Lwoff (que l'Académie récompense par ailleurs), ressortit à l'embryologie générale; elles ont conduit à établir la valeur et la continuité génétique des corpuscules cinétiques, centrosomes et blépharoplastes, dont les auteurs montrent le jeu autonome dans la cellule. En se multipliant à travers les générations cellulaires, par des modes divers et souvent d'une manière occulte, ils assurent la permanence ou la restitution de la cinétide, organe moteur de

la cellule, ou celles de ses dérivés tels que les trichocystes et cnidocystes, organites de nature jusque-là ignorée.

On voit donc ce que les remarquables travaux de M. **Chatton** ont apporté à l'Embryologie générale; aussi l'attribution du prix Serres à ce savant nous paraît-elle tout à fait légitime.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Hamy, Villard, Branly, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Gevrey**, professeur à la Faculté des Sciences de Dijon, pour l'ensemble de ses travaux sur les équations aux dérivées partielles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Lecomte, Joubin, G. Bertrand; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Albert Policard**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, pour ses travaux d'Histophysiologie et d'Histochimie.

Depuis 30 ans, M. Policard n'a cessé d'apporter des faits nouveaux dans des domaines variés. Ses recherches sur le tube urinaire dans la série des Vertébrés, commencés avec son maître M. Cl. Regaud, sont devenues classiques. Pendant la guerre, il a été amené, à propos de la régénération des plaies, à étudier les tissus de substance conjonctive, et en collaboration avec M. Leriche, le tissu osseux. Il a apporté ses contributions à la culture des tissus, à l'histophysiologie du poumon des Mammifères (origine et rôle des cellules alvéolaires). Chemin faisant, il n'a jamais manqué de relever les faits intéressant la cytologie générale. Enfin, dans ces dernières années, M. Policard s'est surtout attaché à des recherches d'histochimie; par sa méthode de la micro-incinération, il a pu préciser la localisation des matières minérales dans les tissus et les cellules.

Ce rappel des titres de Chapitres de l'œuvre de M. Policard suffit à en montrer l'importance et la variété. Aussi votre Commission est-elle unanime à vous proposer de décerner le prix Houllevigue à M. **Policard**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Marchal, Dangeard, Mesnil, Molliard; Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Vandel**, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Toulouse.

M. **Albert Vandel**, dont l'œuvre scientifique s'espace sur les douze dernières années, a apporté à la zoologie et à la biologie générale des contributions très diverses, marquées d'une très grande exactitude et d'une inconstestable originalité. Ses premières recherches ont été consacrées à la biologie des Planaires d'eau douce de France et l'ont conduit à une thèse de doctorat d'ordre surtout expérimental. Elle renferme, sur la reproduction asexuée, sur la régénération, sur la reproduction sexuée, la régénération des glandes génitales et celle de l'appareil copulateur, sur l'influence des conditions extérieures sur les divers processus et celle des corrélations propres à l'organisme, des résultats très variés. Ce travail a classé son auteur comme un biologiste de mérite. Dès 1922, M. Vandel s'est trouvé engagé dans des recherches toutes différentes sur la sexualité des Isopodes terrestres et il y a découvert des faits complètement inattendus qu'il a analysés avec beaucoup de pénétration. Chez un Cloporte (*Trichoniscus provisorius*), il a constaté d'abord la rareté des mâles en certaines régions (spanandrie géographique), a été ainsi conduit à découvrir chez ces animaux l'existence de la parthénogenèse; puis la coexistence de races indépendantes, les unes parthénogénétiques, les autres à reproduction bisexuée (amphigonique). Suivant les régions, ces deux races coexistent ou non. M. Vandel a fait une étude méthodique et expérimentale de ces phénomènes. Il a fait, en outre, la constatation importante que la parthénogenèse est liée à une augmentation du nombre des chromosomes (triploïdie) et à une modification des processus de maturation de l'œuf. On ne saurait trop mettre en lumière le soin et la précision avec lesquels M. Vandel a analysé ces conditions très délicates et difficiles à apercevoir. Accessoirement il a

fait de nombreuses observations intéressantes sur la biologie des Isopodes. Un troisième groupe de ses recherches est relatif au parasitisme des Nématodes mermitoïdes chez les Fourmis et aux transformations qu'ils produisent sur elles. Là aussi, M. Vandel a déjà fourni des données des plus intéressantes et précises. Enfin il est l'auteur d'un volume extrêmement documenté sur la Parthénogenèse.

Ces quelques indications, trop rapides, suffisent à montrer l'activité continue de M. **Vandel**, ses éminentes qualités d'observateur, son originalité, qui le désignent à recevoir de l'Académie le témoignage d'estime que constitue l'attribution du prix Saintour.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Lacroix, Mangin, Ch. Richet, Leclainche ; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Étienne Canals**, professeur à la Faculté de pharmacie de Montpellier, pour son étude sur le rôle physiologique du magnésium sur les végétaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Hamy, Émile Borel, Gabriel Bertrand, Perrin ; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Chaput**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon et à celle de Stamboul, pour son œuvre géologique.

Dans ses premiers travaux, M. **Chaput** a cherché à reconstituer les principales phases de l'évolution de quelques-unes des grandes vallées françaises pendant les temps quaternaires d'après la succession des terrasses alluviales. Il a étudié d'abord la Loire, la Seine entre Montereau et la Manche, puis la Garonne entre les Pyrénées et la Gironde. Il a précisé la distinction entre les terrasses de remblaiement qui permettent de reconstituer des étapes

fondamentales de la formation de la vallée, et les terrasses inclinées (polygéniques) qu'on rencontre un peu partout.

Professeur à Dijon, il a précisé, sur divers points, la géologie de la Bourgogne, et, en particulier, déterminé les caractères tectoniques des plis à grande courbure avec failles subordonnées, entre le Bassin parisien et la région de la Saône.

Enfin, détaché pendant plusieurs années comme professeur à l'Université de Stamboul, il a exploré une grande partie de l'Anatolie centrale, peu connue jusqu'alors, géologiquement et géographiquement.

L'ensemble de ces travaux qui ont été remarqués a paru à la Commission digne d'être récompensé par le prix Wilde.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Mesnager, Séjourné, Drach ; M. d'Ocagne, rapporteur.)

M. **André Coyne**, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chef du service spécial d'aménagement de la Haute Dordogne, chargé, en outre, de la construction de barrages pour la ville de Paris, est l'auteur d'importants progrès réalisés dans l'art de la construction, particulièrement sous les deux formes que voici : 1° types nouveaux de murs de quai ou de soutènement, dits *à échelle*, qui ont pu être appliqués avec succès pour des murs ayant jusqu'à 12^m de haut; 2° introduction, dans les grands murs de barrage, de contraintes artificielles obtenues au moyen de tirants d'acier tendus, à réaction unitaire élevée (1000^T par tirant).

D'autre part, M. Coyne a pris part à la construction de très nombreux ouvrages, parmi lesquels il nous suffira de citer le pont de Plougastel sur l'Elorn, dont il a dirigé les études préliminaires; à cette occasion, il a introduit de très sensibles perfectionnements dans les procédés de sondage en mer; il a aussi exécuté de nombreux travaux maritimes ayant trait soit aux ouvrages intérieurs du port de Brest, soit aux phares et balises environnants, etc.

M. Coyne est, en outre, l'auteur de remarquables études de caractère scientifique portant sur le captage de l'énergie des lames de la mer, sur

l'auscultation des ouvrages en béton et béton armé par un procédé sonore actuellement mis au point et qui a déjà conduit à des résultats de haut intérêt, etc.

Pour tout cet ensemble de travaux théoriques et pratiques, la Commission propose de décerner le prix Caméré à M. **Coyne**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Charles Richet, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Bonnet**, assistant à la Faculté des sciences de Toulouse, pour sa thèse intitulée : *La mue, l'autotomie et la régénération chez les Araignées avec une étude des Dolomèdes d'Europe*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Charles Richet, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École supérieure des Mines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Charles Richet, A. Lacroix, Hadamard, Lebesgue, J. Perrin, Ch. Fabry, Esclangon, Ém. Jouguet, Henri Villat; Émile Picard, rapporteur.)

On sait comment une ère nouvelle s'ouvrit en Physique, quand M. Planck fut conduit par l'étude du rayonnement thermique à considérer l'énergie comme discontinue, en posant que le quotient de celle-ci par la fréquence de la vibration est un multiple d'une certaine constante h, dite

quantum d'action. La question s'est élargie ensuite, quand M. Einstein proposa la théorie des quanta de lumière ou *photons*. On revenait ainsi à des théories d'émission.

Des difficultés n'ont pas tardé à se présenter dans l'explication de phénomènes présentant un caractère ondulatoire. Le sujet a bientôt débordé l'Optique, et toute une nouvelle Mécanique était à fonder. C'est ce qu'a fait M. **Louis de Broglie**, en montrant la voie où l'on pouvait s'engager. Au mouvement d'un électron ou plus généralement d'un corpuscule, il a associé un phénomène ondulatoire concomitant. Il fut conduit à attribuer une longueur d'onde $\lambda = h/g$ à l'onde qu'il associait au corpuscule, g désignant la quantité de mouvement de celui-ci, et h étant la constante de Planck. M. Louis de Broglie posait ainsi les bases d'une Mécanique ondulatoire, qui depuis huit ans a fait dans divers pays l'objet d'un grand nombre de travaux remarquables. Dès le début, la théorie créée par M. de Broglie s'était trouvée d'accord avec les expériences de diffraction d'un faisceau d'électrons par les cristaux.

Votre Commission a pensé que les travaux, d'une si haute originalité, de M. **Louis de Broglie** sur la Mécanique ondulatoire le désignaient pour le prix Albert Ier de Monaco. Ses idées ont même eu des prolongements inattendus d'un caractère philosophique, puisqu'elles ont conduit à envisager sous un jour nouveau la question du déterminisme dans les phénomènes naturels.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Ch. Richet, Ém. Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages entre Mmes **Cusco** et **Raphaël Rück**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER-FOULD.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Ch. Richet, Ém. Picard, A. Lacroix, Blondel, Paul Janet, Breton, d'Ocagne, de Broglie, Desgrez, Séjourné, Jean Charcot, A. de Gramont; Helbronner, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme la Générale **Gustave Ferrié.**

Au lendemain de la catastrophe qui prive la France et l'Académie d'un des savants les plus éminents qu'elle ait comptés dans son sein, il est inutile d'insister sur la part considérable que Mme la Générale **Ferrié** a prise depuis longtemps aux travaux de son mari dont elle s'était en quelque sorte instituée le secrétaire attentif dans une collaboration de tous les instants.

Aucune désignation ne pouvait mieux s'accorder avec l'esprit de cette fondation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Jacques Desrousseaux**, né à Laon, le 23 mars 1912, sorti premier, en 1932, de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1932 avec le n° 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Jacques Desrousseaux**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Georges Périneau**, entré second à l'École des mines, reçoit 500^{fr}.

M. **Jean Crussard**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750^{fr}.

M. **Jacques Aubriot**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500^{fr}.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Ch. Richet, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Lucien Malassis**, conseiller technique du Conservatoire national des arts et métiers, pour ses inventions et ses travaux d'érudition dans le domaine des machines à calculer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Bourgeois, Ch. Richet, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Wladimir Margoulis**, docteur ès sciences, ancien directeur du Laboratoire aérodynamique Eiffel, pour ses travaux en nomographie, et leurs applications à l'aérodynamique et à l'aviation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉRÔME PONTI.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Le Chatelier, Dangeard, Joubin, Molliard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Orcel**, sous-directeur du Laboratoire de minéralogie du Muséum national d'histoire naturelle, pour son œuvre en métallographie des minerais opaques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Ch. Richet, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Buhl**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses études sur les transformations et les invariances des intégrales multiples, et leurs applications à diverses questions de physique mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Ch. Richet, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Galbrun**, docteur ès sciences, actuaire de la Banque de Paris et des Pays-Bas, pour ses travaux sur le Calcul des probabilités et la Théorie mathématique des assurances, et ses études sur la propagation des ondes sonores dans l'atmosphère.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Robert Bourgeois, Émile Picard, Lallemand, Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 38 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 22 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature :

I. — *Recherches sur des questions déterminées.*

5000^{fr} à M. **Marcel Brillouin**, membre de l'Académie, pour faire exécuter les calculs numériques relatifs à sa théorie des marées dynamiques du globe.

2000^{fr} à M. **Paul Dechambre**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour continuer ses recherches sur les propriétés physiques des laines.

5000^{fr} à M. et Mme **Joliot-Curie**, pour frais de voyage et de séjour à la station scientifique du Jungfraujoch, où ils doivent poursuivre des recherches physiques.

2000^{fr} à M. **Gustave Lesbouyries**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour l'étude des maladies des Oiseaux dues à des virus filtrables et notamment des pestes aviaires.

2500^{fr} à MM. **Lucien Panisset**, professeur, et **Goret**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour leurs recherches sur l'anémie infectieuse du Cheval et particulièrement sur l'hématologie et la sérologie, envisagées du point de vue des réactions utilisables pour le diagnostic.

5000^{fr} à M. **Marcel Petit**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour l'aider dans ses recherches d'anatomie comparée et lui permettre l'acquisition de crânes d'animaux en vue d'une étude de la dentition.

5000^{fr} à Mme **Lucie Randoin**, agrégée de l'Université, pour ses recherches sur les différentes vitamines.

2000^{fr} à M. **Victor Robin**, professeur à l'École nationale vétérinaire

d'Alfort, pour ses recherches sur la radiodiagnostic et la radiothérapie chez les animaux.

3000fr à Mme **de Vomecourt**, pour l'aider dans des observations de physique du globe à entreprendre aux Nouvelles-Hébrides, sous la direction du Service hydrographique.

II. — *Voyages et explorations.*

15000fr à M. **Camille Arambourg**, professeur à l'Institut national agronomique, comme contribution à une mission en Afrique orientale spécialement destinée à l'étude géologique et paléontologique des régions situées entre le plateau Abyssin et le lac Rodolphe.

9000fr à M. **Auguste Chevalier**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, comme contribution à une mission botanique en Afrique centrale, dans les régions de l'Aïr, du Niger et du Tchad.

5000fr à M. **Jacques Petit**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour une mission à Madagascar.

Des réserves de flore et de faune ont été instituées à Madagascar, afin de sauver ce qui reste des espèces spéciales à la Grande Ile. Ces réserves ont été mises sous le contrôle scientifique du Muséum. Celui-ci demande à être aidé pour l'envoi à Madagascar d'un zoologiste compétent, chargé d'organiser ces réserves.

III. — *Achat de matériel.*

8000fr à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**, pour l'achat d'un appareil *Debrie* de prises de vues cinématographiques.

3000fr à M. **Augustin Mesnager**, membre de l'Académie, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un appareil révélant la répartition des tensions dans les solides élastiques.

5000fr à M. **Albert Granger**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers pour l'achat d'un four.

IV. — *Bibliothèques.*

4000fr à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**, pour sa bibliothèque.

6000fr à l'**École Polytechnique**, pour sa bibliothèque.

10000fr à la **Société botanique de France**, pour l'établissement d'un catalogue sur fiches de sa bibliothèque, en vue de l'organisation d'une bibliothèque roulante.

Cette société devant recevoir l'hospitalité dans les nouvelles galeries de botanique du Muséum, fondra sa bibliothèque dans celle du laboratoire de phanérogamie de cet établissement. Les doubles constitueront une bibliothèque de prêt pour les botanistes n'habitant pas Paris. Il lui faut tout d'abord établir le catalogue de ses livres. C'est en raison de cette circonstance spéciale qu'est accordée cette subvention qui ne doit pas constituer un précédent.

V. — *Publications et préparations de publications.*

5000fr à la **Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg**, pour contribuer à l'établissement et à l'impression d'un Inventaire des périodiques des bibliothèques de Strasbourg établi sur le plan de celui des Bibliothèques de Paris publié par l'Académie. La Bibliothèque de Strasbourg est très riche en périodiques de langue germanique : elle prête des livres aux travailleurs n'habitant pas cette ville.

4000fr à l'**Observatoire astronomique de Zô-Sé**, pour ses publications.

9000fr à la **Société nationale d'acclimatation de France**, pour l'aider à la publication d'un livre de feu Rollinat, sur la biologie des Reptiles de la France centrale.

Le légataire de Rollinat a donné le manuscrit de cet ouvrage à la Société d'acclimatation à la condition qu'elle en entreprenne la publication. Il s'agit donc pour cette Compagnie d'une entreprise qui vient s'ajouter à ses publications annuelles et qu'elle ne peut effectuer avec ses seules ressources.

5000fr à Mme Vve **Jean Thomas**, pour la publication d'un livre consacré aux travaux zoologiques, botaniques, ethnographiques, géographiques effectués par son mari au cours d'une mission entre le Congo et le Tchad.

M. J. Thomas, naturaliste distingué, est mort à son retour de mission, avant d'avoir pu achever son œuvre. Sa veuve et ses amis ont rempli cette tâche; la fondation Loutreuil s'associe à ce témoignage d'estime pour ce bon travailleur mort à la peine.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 119500fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées.*		
M. Marcel Brillouin	5000fr	
M. Paul Dechambre	2000	
M. et Mme Joliot-Curie	5000	
M. Gustave Lesbouyries	2000	
MM. Lucien Panisset et Goret	2500	31500
M. Marcel Petit	5000	
Mme Lucie Randoin	5000	
M. Victor Robin	2000	
Mme de Vomecourt	3000	
2° *Voyages et explorations.*		
M. Camille Arambourg	15000	
M. Auguste Chevalier	9000	29000
M. Jacques Petit	5000	
3° *Achat de matériel.*		
École nationale vétérinaire de Lyon	8000	
M. Augustin Mesnager	3000	16000
M. Albert Granger	5000	
4° *Bibliothèques.*		
École nationale vétérinaire de Toulouse	4000	
École polytechnique	6000	20000
Société botanique de France	10000	
5° *Publications et préparation de publications.*		
Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg	5000	
Observatoire astronomique de Zô-sé	4000	23000
Société nationale d'acclimatation de France	9000	
Mme Vve Jean Thomas	5000	
Total		119500

FONDATION DE Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. Robert Bourgeois, Charles Richet, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2000fr à M. **André Lwoff**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur la physiologie de la nutrition des Protozoaires, particulièrement les Infusoires et sur diverses bactéries;

Un prix de 2000fr à M. **Louis Corbière**, professeur honoraire du lycée et directeur de la Société des sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg, pour ses travaux de botanique systématique et sa contribution à l'étude de la flore normande;

Un prix de 2000fr à M. **François Raoult**, essayeur à la Monnaie, pour les services rendus à l'étude des roches par ses analyses précises.

Un prix de 2000fr à M. **Joseph Repelin**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour son œuvre géologique en Provence.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION HENRY LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Charpy, Lumière, Laubeuf, Georges Claude, Rey; Guillet, rapporteur.)

La Commission propose que les arrérages de la fondation, s'élevant à 10000fr, soient attribués à M. **Paul Bastien** pour des recherches sur les alliages du calcium, du niobium ou du gallium, avec d'autres métaux, principalement avec le fer.

M. P. Bastien est sorti avec le n° 1 de l'École Centrale des Arts et Manufactures en 1929; durant son séjour à l'École il a obtenu quatre certificats d'études supérieures et sa licence en droit; depuis il a effectué des travaux importants dans les laboratoires de cette École soit seul, soit avec M. Portevin, notamment sur la coulabilité des alliages (*Comptes rendus*, t. 194, 1932, p. 599, et t. 194, 1932, p. 850).

En outre le Service technique du Ministère de l'Air lui a confié des recherches sur les alliages magnésium-aluminium-cuivre; ces travaux

(*Comptes rendus* t. 195, 1932, p. 441) font l'objet d'une thèse de doctorat ès sciences pour laquelle a été donné l'imprimatur. Simultanément, il travaille à une thèse de doctorat en droit sur *l'application de la législation commerciale à l'Agriculture; le Crédit agricole*.

Il a été récemment nommé répétiteur suppléant du Cours de Métallurgie générale de l'École Centrale. Les nouvelles recherches de M. **Bastien** se poursuivront dans les laboratoires auxquels il est déjà attaché à l'École Centrale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. Ch. Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Albert Brault**, membre de l'Académie de Médecine, pour ses études sur *le glycogène dans le développement des tumeurs, des tissus normaux et des êtres organisés*. C'est par l'étude du glycogène dans les tumeurs que M. Brault a été conduit à envisager la fonction glycogénique dans la série animale. Il l'étudie en tant que fonction cellulaire générale jouant un rôle important dans nombre de phénomènes normaux et pathologiques. C'est donc un sujet de Physiologie générale que M. Brault traite dans ce livre. Sa conclusion est que la glycogénèse et l'amidogénèse sont équivalents, l'une pour le règne animal, l'autre pour le règne végétal.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CHARLES FRÉMONT.

(Commissaires : MM. Bourgeois, Richet, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Thomas**, ingénieur, et Mme **Albert Thomas**, pour leurs recherches sur un Photo-électrographe à l'usage des aveugles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURES.

M. **A. Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice historique sur les membres et les correspondants de l'Académie des Sciences ayant travaillé dans les Colonies françaises de la Guyane et des Antilles, de la fin du* XVIIe *siècle au début du* XIXe *siècle.*

A. Lx et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1932

ERRATA.

(Séance du 7 novembre 1932.)

Note de M. *Raoul Lecoq*, Les vitamines B interviennent-elles dans l'utilisation des lipides ?

Page 828, ligne 31, *au lieu de* entre le 25e et le 40e jour (lot I), *lire* entre le 25e et le 50e jour.

(Séance du 14 novembre 1932.)

Note de MM. *Lespieau* et *Wiemann*, Synthèse de l'allodulcite :

Page 887, formule (2), *au lieu de*

$$CH^2=CH-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH^2OH,$$

lire

$$CH^2=CH-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH=CH^2.$$

(Séance du 28 novembre 1932.)

Note de M. *E. Vellinger*, Sur l'affinité superficielle du caoutchouc pour la charge :

Page 1015, ligne 9, *au lieu de* absorbants, *lire* adsorbants; ligne 21, *au lieu de* absorbées, *lire* adsorbées; note (1), *au lieu de* VETLINGER, *lire* VELLINGER.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Noël la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 27 décembre au lieu du lundi 26.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 193 (juillet-décembre 1931) des *Comptes rendus* est en distribution au Sécrétariat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctions sphériques multipolaires non antipodes. Récurrences.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Les fonctions sphériques à points singuliers que l'on étudie, même dans les traités les plus récents, sont des fonctions *bipolaires antipodes*, ayant leurs deux points $+\infty$ et $-\infty$ aux extrémités d'un diamètre de la sphère. Or, dans les questions où figurent des frontières tracées sur la surface de la sphère (marées avec continents, par exemple) on reconnaît que les solutions générales exigent l'emploi de fonctions sphériques à points singuliers *non antipodes*, intérieurs aux frontières.

Ce sont de telles fonctions *multipolaires* dont je vais indiquer la construction générale, ainsi que de leurs trajectoires orthogonales.

2. L'équation de Laplace, écrite en coordonnées *thermométriques* de

Lamé ([1]), est

$$\Delta V \equiv \frac{L^2}{r^4}\frac{\partial^2 V}{\partial\left(\frac{L}{r^2}\right)^2} + \frac{1}{r^2 \sin^2\theta}\left(\frac{\partial^2 V}{\partial\tau^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial\alpha^2}\right) = 0, \tag{1}$$

où α est la longitude, θ la colatitude, avec

$$\tau = \log\left(\operatorname{tang}\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1}{2}\log\frac{1-\mu}{1+\mu} \qquad (\mu = \cos\theta). \tag{2}$$

Posant

$$V = \left(\frac{r}{L}\right)^n S_n(\tau, \alpha) \qquad \text{ou} \qquad V = \left(\frac{L}{r}\right)^{n+1} S_n(\tau, \alpha),$$

la fonction S_n, appelée fonction sphérique d'ordre n, est définie par l'équation

$$n(n+1)S_n + \frac{1}{1-\mu^2}\left(\frac{\partial^2 S_n}{\partial\tau^2} + \frac{\partial^2 S_n}{\partial\alpha^2}\right) = 0, \tag{3}$$

ou, en posant $\zeta \equiv \xi + \eta i = e^{\tau + \alpha i}$,

$$\frac{\partial^2 S_n}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2 S^n}{\partial\eta^2} + n(n+1)\frac{4}{(\xi^2+\eta^2+1)^2}S_n = 0; \tag{4}$$

τ, α, ou ξ, η prennent leur signification géométrique la plus simple dans la *projection stéréographique* de la sphère effectuée du pôle Sud, sur le plan tangent au pôle Nord. Dans ce plan, ξ, η sont les coordonnées rectilignes, e^τ, α sont les coordonnées polaires d'un point de la carte.

3. *Fonctions sphériques multipolaires d'ordre zéro.* — La valeur la plus importante de n, parce qu'on peut y rattacher toutes les autres, est $n = 0$, qui donne

$$\frac{\partial^2 S_0}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2 S_0}{\partial\eta^2} = 0. \tag{5}$$

Toute fonction harmonique dans le plan ξ, η est une fonction sphérique d'ordre zéro. La fonction S_0 peut avoir un nombre quelconque de pôles, placés où l'on veut, dont la somme des puissances (y compris le pôle à l'infini) soit nulle.

Écrivons-en les types principaux en variables sphériques α, μ :

$$\begin{aligned} S_0 + iT_0 = {} & \Sigma m_k \frac{1}{2}\log\frac{1-\mu\mu_k - \sqrt{1-\mu^2}\sqrt{1-\mu_k^2}\cos(\alpha-\alpha_k)}{2(1+\mu)(1+\mu_k)} \\ & + i\Sigma m_k \operatorname{arc\,tang}\frac{\sqrt{1-\mu}\sqrt{1+\mu_k}\sin\alpha - \sqrt{1+\mu}\sqrt{1-\mu_k}\sin\alpha_k}{\sqrt{1-\mu}\sqrt{1-\mu_k}\cos\alpha - \sqrt{1+\mu}\sqrt{1-\mu_k}\cos\alpha_k}, \end{aligned} \tag{6}$$

([1]) LAMÉ, *Coordonnées curvilignes*, p. 54.

avec $\Sigma m_k = 0$; j'appellerai β_k l'arc tangente. S_0, T_0 définissent des courbes orthogonales, analogues au potentiel et aux lignes de force dues à des charges m_k placées aux points μ_k, α_k, dont la distribution est complètement libre.

N. B. — Les angles β_k sur la sphère sont définis par les plans projetants du pôle Sud; les triangles rectilignes du plan ξ, η ne correspondent pas à de véritables triangles sphériques, mais à des triangles pseudo-sphériques dont les côtés sont de *petits* cercles, découpés par les plans projetants. Cela exige des précautions dans les énoncés géométriques. Ainsi, la somme des angles d'un de ces triangles pseudo-sphériques est égale à deux droits comme celle des angles du triangle rectiligne projeté.

L'exemple le plus simple est fourni par les coordonnées bicirculaires dans le plan, qui donnent sur la sphère

$$(6') \qquad S_0 = \log \frac{1 - \cos\varphi_1}{1 - \cos\varphi_2}, \qquad T_0 = \beta_1 - \beta_2.$$

Les points singuliers sont sur la sphère $\mu_1\alpha_1$, positif, et $\mu_2\alpha_2$ négatif. Le pôle Nord et le pôle Sud ($\mu = \pm 1$) sont devenus des points ordinaires. L'angle T_0 est l'angle au sommet mobile μ, α, du triangle *pseudo-sphérique* découpé sur la sphère par les plans qui projettent du pôle Sud les côtés $\mu\alpha$, μ_1, α_1, et $\mu\alpha$, $\mu_2\alpha_2$.

D'autres fonctions d'*ordre zéro* sont aussi indispensables :

$$(7) \qquad \left[\frac{1 - \cos\varphi_k}{(1 + \cos\theta)(1 + \cos\theta_k)}\right]^{\pm q/2} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(q\beta_k),$$

où j'ai posé

$$(8) \qquad \cos\varphi_k = \cos\theta\cos\theta_k + \sin\theta\sin\theta_k\cos(\alpha - \alpha_k).$$

En général, toute fonction de $\sqrt{1 - \mu/1 + \mu}\, e^{\alpha i}$ fournit par sa partie réelle et par sa partie imaginaire deux fonctions sphériques S_0 et T_0 d'ordre zéro, avec des distributions de points singuliers, de lignes ou de régions singulières, définies à l'aide des calculs ordinaires sur les fonctions imaginaires.

4. *Fonctions multipolaires d'ordre n entier : Récurrences.* — L'équation aux dérivées partielles (3) fournit facilement l'équation de récurrence

$$(9) \qquad S_{n+1} = G_n\left[\frac{\partial S_n}{\partial\tau} - (n+1).\mathrm{T}h(\tau).S_n\right],$$

où G_n est une constante arbitraire; on s'en servira pour former les fonctions S_1, ou T_1 qui correspondent à une fonction S_0 ou T_0 donnée.

On obtient aussi facilement l'équation

$$(10)\quad S_{n+1} = - G_n \left\{ (n+1).Th(\tau).S_n + G_{n-1}\left[\frac{\partial^2 S_{n-1}}{\partial \alpha^2} + n S_{n-1}\left(Th(\tau) + \frac{n-1}{Ch^2(\tau)} \right) \right] \right\}.$$

On voit en outre immédiatement que $\partial^k S_n / \partial \alpha^k$ est une fonction sphérique de même ordre n que S_n. De même pour les T_n.

On sait donc former sans difficulté par récurrence toutes les fonctions d'ordre n entier, qui dérivent d'une fonction sphérique S_0, et qui forment, par conséquent, une famille de fonctions sphériques ayant mêmes points, lignes ou domaines singuliers sur la sphère, distribués arbitrairement, sans être astreints à la restriction des antipodes.

5. Pour des valeurs de n quelconques, j'obtiens les fonctions S_n, en regardant S_n comme une fonction continue de n, et formant une espèce de formule de récurrence intégrale; mais ce mode de construction, que je crois nouveau, exige quelques développements qui ne sauraient trouver place ici.

6. Les notions nouvelles succinctement indiquées dans cette Note ont été récemment exposées avec un peu plus d'étendue dans une conférence à l'Institut Poincaré; elles seront prochainement publiées avec les explications les plus nécessaires dans les *Annales* de cet Institut.

PALÉONTOLOGIE. — *Existence d'un phosphate à spicules de Calcisponges dans l'Ordovicien du Pays de Galles.* Note de M. **L. Cayeux**.

Un échantillon de phosphate ordovicien du Montgomeryshire, que je dois à l'obligeance de Sir John Flett, offre un intérêt exceptionnel, en raison de la présence d'une multitude de spicules de Calcisponges dans toutes les coupes minces. Il fait partie d'un horizon surmontant le calcaire de Bala, et, comme tous les phosphates ordoviciens de la région, il est teinté en noir mat par une proportion notable de carbone.

Sa constitution revêt une extrême simplicité. Qu'on imagine un fond de phosphate gris, chargé de carbone, emprisonnant de petits spicules de Calcisponges silicifiés, au nombre de plusieurs centaines dans chaque section, et l'on aura une idée très exacte du milieu. Les minéraux détritiques manquent complètement dans les coupes, ainsi d'ailleurs que les organismes, autres que les représentants de Spongiaires.

Les spicules monoaxes l'emportent de beaucoup. Il en est parmi eux qui sont pourvus de renflements très caractéristiques, soit vers le milieu, soit non loin d'une extrémité. Des spicules triradiés, dits sagittaux, sont non moins typiques. Tous sont quartzifiés. Leur conservation est parfois défectueuse, attendu que des granules de quartz, développés sur leur emplacement, ont débordé sur le ciment, ce qui n'empêche pas leur dessin général de ressortir très clairement entre les nicols croisés.

Très prépondérante, la gangue est composée de phosphate gris, d'apparence homogène, mais, en réalité, différenciée par une texture très finement grenue. Autant qu'il est possible de s'en assurer, tout le produit réagit sur la lumière polarisée. Dans la majorité des cas, la matière charbonneuse est distribuée assez régulièrement, sous forme de minuscules granulations isolées, groupées, ou fondues les unes dans les autres, de manière à engendrer des taches, des traînées, petites ou grandes. Très accessoire par places, elle est prédominante ailleurs, sans qu'on puisse se rendre compte si le phosphate lui sert d'armature, ou si elle se développe en toute indépendance. C'est, en tout cas, un des composants essentiels du dépôt.

L'emploi de forts grossissements met en évidence de petites sphérules, très clairsemées, et des grains de moindre exiguïté que la lumière réfléchie permet d'identifier à la pyrite. La même substance est parfois concentrée en éléments cubiques ou subcristallins. Au total, le sulfure de fer est pauvrement représenté, mais il est partout.

Les teneurs en P^2O^5 et SiO^2 répondant à cette composition minérale et organique sont respectivement de 25,48 et 21,40 pour 100.

Compte tenu de l'empiètement de la silice des spicules sur la gangue, on peut fixer à environ 20 pour 100 la participation des Calcisponges à la constitution de la roche. A ma connaissance, il s'en faut de beaucoup qu'un pareil degré de fréquence ait jamais été signalé pour des spicules de Calcisponges dans les formations sédimentaires anciennes. Sous ce rapport, le phosphate en question réalise pour le moment un type absolument unique, redevable d'un surcroît d'intérêt à sa haute antiquité.

La silicification, à grande échelle, des spicules de Calcisponges dans un milieu phosphaté, fait supposer que l'épigénie du calcaire des spicules s'est faite avant la phosphatisation du dépôt. Étant donné ce que l'on sait des affinités de l'acide phosphorique pour le carbonate de chaux, on peut affirmer que les spicules auraient été phosphatisés, s'ils n'avaient été quartzifiés, avant l'introduction du phosphate dans le sédiment. En consé-

quence, la silicification des spicules a suivi de très près la chute des matériaux sur le fond de la mer, ce qui revient à dire que les migrations de la silice relèvent, une fois de plus, du milieu sous-marin.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Expériences permettant d'expliquer l'atténuation de la chlorophylle présentée par les plantes vertes parasites.* Note de M. **Marin Molliard.**

Les plantes vasculaires parasites possèdent un ensemble de caractères spéciaux; sans parler des suçoirs qui leur permettent de se nourrir aux dépens de végétaux vivants, elles présentent entre autres particularités une atténuation plus ou moins marquée de leur pigment chlorophyllien et il est manifeste que cette atténuation est fonction du degré de leur parasitisme; c'est ainsi que la chlorophylle disparaît entièrement chez les *Orobanche* et les *Lathrœa* pour subsister à des degrés divers chez d'autres Scrofulariées semi-parasites; G. Bonnier a pu montrer [1] que le pouvoir assimilateur de ces plantes est toujours plus faible, par exemple, que celui d'une Véronique, plante autotrophe appartenant à la même famille.

Il est logique de penser qu'on se trouve en présence de plantes dérivant de végétaux primitivement autotrophes et que la série de modifications qui caractérise les plantes à suçoirs résulte de l'action des substances absorbées par celles-ci; on aurait, soit dit en passant, si l'on réusssissait à établir la chose expérimentalement la meilleure démonstration de l'hypothèse transformiste; sans prétendre apporter aujourd'hui une telle preuve dans son intégralité, je rapporte dans cette Note les faits que j'ai obtenus en cultivant une plante verte ordinaire, et je me suis adressé au Radis, non pas sur une autre plante vivante, mais sur sa décoction, et c'est aux tubercules de Carotte que j'ai eu recours; ce sont donc des cultures en partie saprophytiques du Radis que j'ai réalisées en présence des différents matériaux contenus dans les cellules du tubercule de Carotte et dont plusieurs n'apparaissent pas différentes chimiquement de ceux qui existent dans les organes vivants.

La décoction utilisée a été obtenue à partir de 200^g de tubercules traités par un volume d'eau qui était amené finalement à 1^l après filtration; on

---

(1) *Bull. Sc. Nord France et Belgique*, 25, 1893, p. 77.

l'additionnait de 1,5 pour 100 de gélose et le liquide servait à la culture de jeunes germinations qui y étaient transportées aseptiquement; les plantes qui se développent dans ces conditions présentent des caractères très différents de ceux qu'on observe lorsqu'on utilise comme substratum le liquide minéral de Knop, également gélosé et auquel on ajoute du saccharose à la dose de 5 pour 100. C'est ainsi que leurs feuilles définitives, dont le limbe change de forme et devient charnu, apparaissent d'un vert beaucoup plus pâle et arrivent même à acquérir une teinte d'un jaune assez vif; de plus les radicelles restent courtes et s'épaississent notablement; dans les cultures de 3 semaines le poids de la substance sèche est sensiblement plus élevé que pour les plantes témoins.

Pour comparer la quantité de pigment vert qui se forme dans les feuilles provenant des deux lots envisagés j'ai procédé à sa dissolution dans un volume connu d'alcool absolu et comparé les teneurs des deux liquides obtenus par la méthode colorimétrique; on trouve ainsi que, pour les feuilles qui se développent au-dessus des cotylédons les teneurs en chlorophylle, à poids égaux de substance fraîche, varient respectivement comme 1 (plantes cultivées sur milieu semé de Knop) et 0,09 (plantes se développant sur la décoction de Cavotte).

D'autre part, l'intensité du pouvoir d'assimilation, mesuré par l'utilisation du gaz carbonique dans une atmosphère confinée, et rapporté à des poids égaux de substance fraîche, passe de 1 (plantes cultivées en milieu sucré de Knop) à 0,11 (plantes se développant sur la décoction de Carotte), le travail chlorophyllien se montrant sensiblement proportionnel à la quantité de pigment.

Il nous apparaît donc que nous sommes avec cette expérience en présence, dans le plan de la nutrition saprophytique, d'une image de ce qui se passe pour les plantes vertes vivant en parasites sur des végétaux d'une autre espèce; mais la comparaison n'est évidemment valable que si la plante sur laquelle nous avons expérimenté ne subit pas les mêmes modifications lorsqu'on vient à la cultiver sur sa propre décoction. J'ai donc été amené à faire se développer des plantules de Radis sur une décoction préparée dans les mêmes conditions que la précédente, mais à partir de tubercules de Radis.

L'aspect des plantes obtenues devient alors tout à fait comparable à celui qui correspond aux cultures réalisées sur le milieu de Knop saccharosé; les radicelles restent longues et filiformes, les feuilles gardent leur forme; la teinte verte correspond à une teneur en chlorophylle respectivement

égale à 1 (milieu de Knop sucré) et à 0,95 (décoction de Radis); le pouvoir d'assimilation est également le même pour les deux sortes de cultures.

On n'observe donc plus, sur la décoction de Radis, d'action nocive comparable à celle qu'exerce la décoction de Carotte et nous nous trouvons en présence d'une sorte d'immunité présentée par le Radis vis-à-vis de l'ensemble des substances qui résultent de la propre activité de ses cellules; les faits que je viens de rapporter sont à rapprocher de ceux que R. Combes [1] a signalés au sujet de la saponine de l'*Agrostemma Githago* qui se montre sans action sur les germinations de cette plante, alors qu'elle présente une toxicité très marquée vis-à-vis d'autres végétaux.

BIOLOGIE FLORALE. — *Sur un cas d'atavisme apparu dans une lignée de Pavot à opium.* Note de M. L. **Blaringhem.**

Au cours du contrôle, par semis répétés durant 7 générations, de la fixité d'une lignée autofécondée de Pavot à opium *Papaver somniferum* L., var. *Mursellii* Hort., parmi cinq mille plantes suivies de la germination jusqu'à la récolte, ne portant que des caractères récessifs bien visibles sur les tiges glauques, sur les fleurs simples et larges d'un blanc pur, sur les fruits aveugles renfermant chacun de 300 à 1000 graines d'un blanc nacré, est apparu, en 1930, un seul individu à pétales blancs bordés d'une marge rouge rosé. Le caractère aberrant domine le type et l'on doit regarder son apparition comme une mutation progressive; mais le caractère n'est pas nouveau; il définit une variété de Pavot à opium connue au Japon dès le XVIe siècle, figurée avec des fleurs doubles en 1748 dans les collections de fleurs de Hollande. C'est donc un exemple d'atavisme dont l'intérêt résulte des précautions prises pour conserver la pureté de la lignée qui l'a fourni.

Mes recherches sur les Pavots annuels datent de 1905; une population anormale de Coquelicots (*Papaver Rhœas* L.) présentait alors et a conservé depuis vingt-cinq ans tous les caractères d'un mélange en voie de mutation; tous les deux ou trois ans, lorsque le terrain est cultivé en céréales, j'observe la persistance d'anomalies de fleurs, de fruits et de graines en tout comparables à celles que j'ai décrites en 1907 [2]. Je me suis efforcé d'en analyser les particularités dans des cultures expérimentales, sans succès; la pluie

---

(1) *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 295.
(2) *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 1294.

entraîne dans le sol les graines trop petites du Coquelicot; les levées sont irrégulières, s'échelonnent sur quatre ou cinq ans lorsque les labours ramènent les graines à la surface; il est possible que cette circonstance explique la persistance de la population anormale qui fit l'objet de mes premières observations.

Une autre difficulté de l'étude génétique des Pavots résulte de l'attraction que leurs fleurs provoquent sur les insectes butineurs; Bourdons et Abeilles se couvrent de pollen, se grisent de substances opiacées dès l'ouverture des boutons. Pour éviter le vicinisme, j'utilise un Pavot sauvage d'Algérie, voisin de l'Œillette, que j'ai récolté aux environs de Bône, que j'ai retrouvé, identique, entre Mogador et Agadir. Le *Papaver setigerum* D.C., lignée *Bellevue*, se reproduit spontanément aux environs de Paris sur les terrains battus et lève régulièrement dans les plates-bandes; il offre la particularité, précieuse pour le généticien, d'être fécondé dans le bouton, trois jours avant l'épanouissement des fleurs. Cette lignée croisée avec l'Œillette (*Papaver somniferum* L., var. *nigrum*) donne des hybrides partiellement féconds, intermédiaires et stables ([1]). En étudiant diverses races de *P. somniferum*, j'ai constaté la sensibilité des fleurs à l'isolement et à l'autofécondation répétée; rapidement la lignée fond, c'est-à-dire qu'elle donne peu de bonnes graines qui germent mal ou pas du tout. La faible résistance à l'hiver des plantules de *P. setigerum*, comme du *P. Mursellii*, entraîne la disparition de la plupart des individus spontanés et atténue les dangers de mélange, inévitables dans une étude expérimentale prolongée du Coquelicot.

Le *Papaver Mursellii* à fleurs simples et à capsules aveugles m'a fourni une lignée *Bellevue* remarquable du fait que les caractères des tiges, feuilles, fleurs et graines sont récessifs, ces derniers étant d'un blanc pur nacré; la plante est forte, dressée, ne donne qu'une tige peu ramifiée d'un mètre de haut, terminée par une large fleur à pétales entiers, renfermant de 25 à 150 étamines blanches, à filets brillants et presque transparents comme la base des pétales, avec de fortes anthères à pollen blanc qui n'est mis en liberté qu'un quart d'heure environ après l'ouverture du bouton. Pour la préparation des fécondations artificielles, j'assistai dès 7^h du matin au gonflement des boutons, en facilitai l'éclatement sans lésions et enlevai les anthères, laissant les filets, avant la mise en liberté du pollen; à cette phase les 8 à 10 stigmates incolores qui sillonnent le disque de l'ovaire sont à

([1]) *Bull. Soc. bot. de France*, **72**, 1925, p. 623.

peine réceptifs; mais le même jour, à 10h, les stigmates sont étalés et la pollinisation réussit parfaitement; elle réussit encore le lendemain et même les deux jours suivants, aussi longtemps que les stigmates des ovaires isolés restent turgescents. Pour réaliser l'autofécondation, depuis 1930, j'ouvre la fleur dès 7h, la recouvre d'un large sac de papier parcheminé assez ample pour faciliter l'évaporation; j'ai soin de supprimer toutes les fleurs épanouies et de ne laisser à la disposition des insectes butineurs aucun pollen d'une plante pouvant féconder les *Papaver somniferum*, et cela dans un rayon de 200 mètres.

Le contrôle de l'isolement physiologique a été réalisé de deux façons : en coupant avant l'éclatement du bouton pétales et filets des étamines; cette opération nuit au développement de l'ovaire (1), les bases des filets des étamines ne se détachent pas et persistent même jusqu'après la maturation de la capsule; aucun insecte ne visite ces capsules vert glauque dont les stigmates s'étalent et restent turgescents durant une semaine. L'autre méthode, encore plus probante, consiste à faciliter l'ouverture du bouton sur le point de s'épanouir, à enlever toutes les anthères en laissant les filets et les pétales qui s'étalent dans la journée et ne tombent que deux ou trois jours après l'opération. J'ai vérifié que l'apport de pollen actif, sur un ou deux stigmates seulement, suffit pour entraîner la chute des pétales et des filets des étamines dans la journée.

En fait, au cours de ces opérations et dans les études de contrôle, j'ai constaté que cette lignée, épurée autant qu'il est possible, présente des variations individuelles qui trahissent un mélange, sans doute très ancien, de types divergents; il y a des lots à étamines nombreuses, d'autres à étamines rares, des lots à étamines longues, d'autres à étamines courtes, des lots à capsules sphériques, d'autres à capsules ovales. Pour des capsules de même taille, parfaitement fécondées, on peut trouver 300 à 400 graines grosses et, sans transition, 800 à 1200 graines petites, bien blanches ou d'une teinte crème très léger. La plupart des capsules provenant de fleurs mutilées, dont on a enlevé brutalement à l'anthèse les pétales et les étamines, brunissent, mûrissent mal et donnent des graines légèrement teintées.

L'été sec de 1932 me fit espérer une régularisation qui n'a pas été obtenue; j'ai assisté à l'épanouissement de près de 2000 fleurs intactes; j'en ai castré plus de 800 et pollinisé artificiellement près de 400 sans obtenir

(1) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 117 et 177.

d'autre certitude que chaque lot, et, dans chaque lot, des groupes d'individus possèdent une individualité propre. Et même au point de vue régularité des organes floraux, l'hybride *P. somniferum* × *setigerum* est mieux défini; 200 *P. Mursellii* environ dérivaient d'un lot strictement isolé depuis 7 générations, chacune d'elles issue d'une même capsule; 1800 plantes, à raison de 50 par lot environ, étaient le résultat d'entre-croisements artificiels entre plantes aussi semblables que possible ou entre plantes divergeant à l'extrême mais ne montrant que les caractères récessifs; rien ne me permet de croire que ces opérations ont accentué ou atténué la variabilité.

L'unique mutante des lots, à pétales blancs mais à bords rouge rosé, apparut en 1930 dans le semis des grosses graines d'une capsule ronde; par constraste avec toutes les fleurs d'un blanc pur de la plate-bande, le caractère était visible de loin. Rien d'autre à signaler, ni dans la levée, ni dans le port, ni dans les particularités de l'anthèse et de la maturation des capsules; le caractère est dominant dans les croisements avec le type et la disjonction en (F_2) suit assez correctement la règle numérique de Mendel. Un seul fait met sur la voie d'une cause possible de la mutation; les graines des descendants (F_2) à pétales blancs bordés de rouge offrent une teinte crème virant à la couleur tabac léger qui tranche sur le blanc nacré des graines du type; mais pour ce couple de caractères, il y a des transitions alors qu'on n'en trouve aucune dans les teintes des pétales. Cette corrélation m'a conduit à rechercher dans les capsules du type les graines pleines légèrement teintées; pour un quart environ des lots à ascendance connue depuis sept générations, j'ai pu séparer 1, 2, rarement 3 graines brunes dans 1000 graines blanches; ces phénomènes n'ont rien de commun avec la ségrégation mendélienne.

En résumé, la mutante à pétales blancs bordés de rouge de *Papaver Mursellii* Hort., obtenue à Bellevue, qui reproduit une variété connue il y a trois siècles, fut distinguée dans une descendance uniforme, par des caractères saillants, de plus de 5000 individus strictement isolés. C'est un exemple, peut-être le mieux contrôlé, de l'atavisme, comparable à celui que signalait, dès 1862, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1); dans une race de Vers à soie à cocons blancs, suivie durant 65 générations à la Magnanerie expérimentale de Sénart, réapparaissaient encore, après sélection stricte, 2 ou 3 cocons jaunes pour 1000 blancs. Les déviations, dans ces cas limites, sont de l'ordre de celles que l'on observe dans l'état de mutabilité décrit par Hugo de Vries.

(1) *Histoire naturelle générale des règnes organiques*, 3, p. 254.

PHYSICO CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques recherches physico chimiques sur les suspensions préparées à partir des protéines séparées du sérum par la méthode dite à l'acétone.* Note de MM. **Charles Achard** et **Augustin Boutaric.**

Nous avons comparé, au moyen de quelques examens physico chimiques, divers sérums avec les suspensions obtenues en diluant les protéines séparées de ces sérums par la méthode à l'acétone de MM. Piettre et Vila, dans un volume d'eau tel que le volume de la suspension soit égal à celui du sérum (1).

Viscosité, densité optique et facteur ω. — Nous avons signalé antérieurement que l'expression $\omega = 1/h(\eta/\eta_0 - 1)$, où h désigne la densité optique d'une solution colloïdale dont les particules n'ont pas de couleur propre, η sa viscosité et η_0 la viscosité du liquide employé comme solvant, constitue un coefficient caractéristique de la solution colloïdale, lié au nombre de granules que fournit 1g de matière colloïdale.

Nous avons étudié les sérums et les suspensions de leurs protéines, soit sans aucun chauffage, soit après chauffage pendant 1 heure à diverses températures. Nos recherches ont porté sur un sérum humain normal, un sérum d'ictérique, un sérum de bœuf, un de cheval et un de chèvre.

Or, dans tous les cas, les viscosités relatives η/η_0, les densités optiques h et le coefficient ω avaient des valeurs voisines pour les sérums et pour les suspensions de leurs protéines. On peut considérer, par conséquent, que sérums et suspensions contiennent des particules de protéines de mêmes grosseurs moyennes.

Action sensibilisatrice sur la floculation de l'hydrate ferrique. — Nous avons déterminé la durée de floculation par NO^3K d'un certain sol d'hydrate ferrique dilué dans un égal volume d'eau et de même sol additionné d'un égal volume d'une solution très étendue du sérum ou de la suspension de ses protéines. Les concentrations de sérums convenables sont toujours extrêmement faibles : quelques centimètres cubes de sérum dilués dans 100 litres d'eau. Alors que les moindres modifications du sérum, notamment par chauffage, diminuent très notablement son action sensibisatrice sur la floculation (ce qui prouve la sensibilité de la méthode pour apprécier l'état des protéines), nous avons constaté que le sérum et les suspensions de protéines ont la même influence sur la floculation.

(1) Ces suspensions ont été préparées par M. Piettre.

Ces mesures ont porté sur quatre sérums de cheval, deux de bœuf et un de taureau.

Mesures de tension superficielle et adsorption par le charbon. — Avec le tensiomètre de Lecomte du Noüy, nous avons constaté que la variation de la tension superficielle en fonction de la dilution est la même pour les sérums et pour les suspensions de leurs protéines, qui sont délipidées et déminéralisées.

Il en résulte d'abord que, conformément à une hypothèse de M. Lecomte du Noüy, les liquides et les sels ne jouent qu'un rôle secondaire dans la tension superficielle du sérum, l'abaissement de la tension étant dû à peu près entièrement aux protéines.

Il en résulte, en outre, que la séparation des protéines par la méthode à l'acétone ne doit pas altérer sensiblement l'intégrité de leurs molécules.

C'est ce que nous avons confirmé en étudiant l'adsorption des protéines par du charbon pulvérulent (graphite ou charbon de sucre) : les protéines se fixent sur le charbon et, au fur et à mesure que croît la quantité de charbon utilisée, la tension superficielle remonte progressivement jusqu'à la valeur de l'eau pure.

Avec un sérum de bœuf, les variations de la tension superficielle en fonction du poids de graphite ou de charbon de sucre ont été les mêmes pour les dilutions du sérum et pour celle des suspensions de ses protéines. Le calcul conduit évidemment, pour l'adsorption totale des protéines dans les deux cas, à une même valeur du poids de charbon de sucre ou de graphite. Il semble légitime d'en conclure que les molécules des protéines ont les mêmes dimensions dans le sérum et dans les suspensions de leurs protéines.

Conclusions. — Les diverses mesures physico-chimiques auxquelles nous avons procédé aboutissent toutes à conclure que la séparation des protéines, effectuée à basse température par la méthode dite à l'acétone de MM. Piettre et Vila, respecte l'intégrité des molécules protéiques.

Toutefois, il importe que la comparaison soit faite sur des sérums ou des suspensions de protéines de préparation relativement récente. Nous avons eu l'occasion de remarquer qu'une conservation trop prolongée des sérums, même à basse température, finit par modifier leurs diverses propriétés et altérer la concordance des résultats fournis par les sérums et par les suspensions de leurs protéines.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Un nouveau principe des végétaux : l'acide urique* (1). Note de MM. **R. Fosse**, **P. de Graeve** et **P.-E. Thomas**.

1. *L'acide allantoïque provient, chez les végétaux, de l'allantoïne :*

$$\begin{array}{ccccc} NH^2 & & NH & & \\ | & & \diagup\diagdown & & \\ CO & CO & & CO \\ | & | & & | \\ NH & - & CH & - & NH \end{array} \xrightarrow[\text{Allantoïnase.}]{+H^2O} \begin{array}{ccccc} NH^2 & & & & NH^2 \\ | & & & & | \\ CO & & COOH & & CO \\ | & & | & & | \\ NH & - & CH & - & NH \end{array}$$

C'est, en effet, ce que démontrent : la présence si fréquente de l'allantoïnase dans le monde végétal, sa coexistence avec l'allantoïne et l'acide allantoïque, l'augmentation de l'acide allantoïque et la diminution de l'allantoïne dans des sucs et extraits, chloroformés et placés à l'étuve à 40°.

2. *L'allantoïne végétale dérive-t-elle de l'acide urique comme dans les fermentations que nous avons découvertes ?*

De nombreuses graines transforment, en effet, *in vitro* l'acide urique en acide allantoïque grâce à la formation fermentaire préalable de l'allantoïne.

$$\begin{array}{cccc} NH & - & CO & \\ | & & | & \\ CO & & C - NH & \diagdown \\ | & & \| & \;\;>CO \\ NH & - & C - NH & \diagup \end{array} \xrightarrow[\text{Uricase}]{+O+H^2O-CO^2} \begin{array}{ccccc} NH^2 & & NH & & \\ | & & \diagup\diagdown & & \\ CO & CO & & CO \\ | & | & & | \\ NH & - & CH & - & NH \end{array} \xrightarrow[\text{Allantoïnase}]{+H^2O} \begin{array}{ccccc} NH^2 & & & & NH^2 \\ | & & & & | \\ CO & & COOH & & CO \\ | & & | & & | \\ NH & - & CH & - & NH \end{array}$$

Malgré la présence de l'uricase dans le règne végétal, on ne peut pas répondre immédiatement par l'affirmative à cette question, puisque l'acide urique, signalé seulement dans une moisissure, n'existe pas chez les végétaux supérieurs d'après Czapek.

Pour établir que l'acide urique est la substance génératrice de l'allantoïne et de l'acide allantoïque, il faut d'abord prouver son existence chez les plantes. Cette preuve ne peut être donnée que par l'isolement du corps pur. Déjà, de deux variétés de graines de mélilot (officinal et de Sibérie) nous avons réussi à retirer l'acide urique pur et à l'identifier par l'analyse quantitative élémentaire.

3. Depuis, le même résultat a été obtenu en partant de deux autres graines : la fève des marais et le trèfle violet.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1408.

La technique d'isolement de l'acide urique nécessite la série des opérations qui suivent, exécutées d'après les indications contenues dans une précédente Note ([1]) :

Placer en contact une heure, avec dix fois leur poids d'eau glacée, les graines finement broyées; centrifuger et déféquer les macérations par le tungstate de soude et l'acide sulfurique, puis par la mixture magnésienne; précipiter les purines par l'azotate d'argent ammoniacal; traiter à chaud le dépôt par l'acide sulfurique dilué; précipiter la liqueur par le sulfate acide mercurique; chauffer le dépôt avec l'acide chlorhydrique; refroidir et laver les cristaux obtenus à l'alcool; les dissoudre dans de l'eau bouillante et précipiter de nouveau par le sulfate de mercure; chauffer l'urate mercurique avec l'acide chlorhydrique, refroidir, laver les cristaux à l'alcool et les dissoudre dans de l'eau bouillante : l'acide urique pur cristallise par refroidissement.

Le corps ainsi isolé possède une des formes cristallines et toutes les réactions connues de l'acide urique.

Analyse de la substance provenant du trèfle. — Trouvé : N pour 100, 33,45. Calculé pour $C^5H^4N^4O^3$: N pour 100, 33,33. Matière, $4^{mg},243$; azote corrigé, $1^{cm^3},254$; température, 20°; pression corrigée, 756^{mm}.

4. *Teneur en acide urique de quelques graines.* — Les chiffres de ce tableau ont été obtenus à l'aide d'une nouvelle méthode de microdosage.

Noms.	Acide urique par kilogramme de plante.
	g
Faba vulgaris, fève des marais	0,230
Melilotus officinalis, mélilot	0,250
Trifolium sativum, trèfle violet	0,240
Sorghum halepense, sorgho d'Alep	0,176
Coronilla varia, coronille variée	0,130
Lepidium sativum, cresson alénois	0,108
Acer campestris, érable champêtre	0,054
Ricinus major (communis), ricin	0,061
Lupinus albus, lupin blanc	0.048
Glycina soja, soja à grain jaune	0,030

5. *Origine urique d'une partie de l'urée et de l'ammoniaque formées chez les végétaux.* — Au principe naturel générateur d'urée, depuis longtemps

([1]) *Loc. cit.*

connu (Schultze et Steiger, 1886), l'*arginine :*

$$\underset{\substack{\| \\ NH}}{NH^2.C}.NH.(CH^2)^3.\underset{\substack{| \\ NH^2}}{CH}.COOH \xrightarrow[\text{Arginase}]{+H^2O} CO\begin{cases}NH^2\\NH^2\end{cases} + NH^2.(CH^2)^3.\underset{\substack{| \\ NH^2}}{CH}.COOH,$$

il faut en ajouter un deuxième, l'*acide allantoïque.*

Très répandu dans les plantes ainsi que les ferments qui le produisent, l'acide allantoïque engendre l'urée avec une extrême facilité :

$$\begin{array}{ccccc} NH^2 & & NH^2 \\ | & & | \\ CO & COOH & CO \\ | & | & | \\ NH & - CH - & NH \end{array} \xrightarrow{2H^2O} COOH.CH\begin{cases}OH\\OH\end{cases} + 2NH^2.CO.NH^2.$$

L'urée provenant de l'acide allantoïque, de l'arginine, ou de toute autre substance inconnue, ne peut être directement assimilée par les végétaux. Une foule d'entre eux possèdent, en effet, le catalyseur capable de transformer cet amide en deux aliments végétaux par excellence, l'acide carbonique et l'ammoniaque.

$$CO\begin{cases}NH^2\\NH^2\end{cases} \xrightarrow[\text{Uréase}]{+2H^2O} CO^3H^2 + 2NH^3.$$

Conclusion. — L'acide urique, principe naturel des végétaux comme des animaux, est la source d'où dérivent : l'allantoïne, l'acide allantoïque ainsi qu'une partie de l'urée et de l'ammoniaque formées par les plantes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les régimes transitoires.* Note de M. **Charles Camichel.**

Les régimes transitoires interviennent fréquemment dans les phénomènes hydrauliques; ils ont été jusqu'ici peu étudiés. L'objet de cette Note est de résumer les résultats que nous avons obtenus pour certains d'entre eux.

MM. Crausse et Baubiac ont vérifié que les durées d'établissement des vitesses dans un tube cylindrique peuvent se déduire avec une exactitude suffisante des équations de Navier. Ils ont utilisé pour cela l'étude théorique de M. P. Szymanski qui a employé dans son calcul un développement en séries de Fourier-Bessel (1).

(1) P. Szymanski, *Sur l'écoulement non permanent du fluide visqueux dans le tuyau* (*Compte rendu, IIIe Congrès internat. de Mécanique appliquée*, **1**, p. 249).

Pour exécuter leurs expériences, ils ont employé la méthode chronophotographique en inscrivant le mouvement des particules éclairées sur un film se déplaçant d'une façon continue dans une direction normale à celle des filets. Cela revient à ajouter à la vitesse des particules une composante normale et par suite à étaler leur trajectoire en facilitant la mesure du temps par la distinction possible des coupures. Celles-ci sont produites au moyen d'un disque muni d'un certain nombre de fentes larges ou étroites constituant une sorte d'alphabet Morse permettant de repérer l'origine du temps. Ils ont trouvé, dans ces conditions, que la similitude des régimes transitoires dans les systèmes en charge obéit à la loi de Reynolds : en particulier, les durées d'établissement des vitesses homologues, dans un même ouvrage (conduite), varient en raison inverse des coefficients cinématiques de viscosité, la durée la plus faible étant par conséquent celle qui correspond au liquide le plus visqueux. La vérification réussit également quand on fait varier les dimensions linéaires des ouvrages. Il convient de remarquer que les durées d'établissement des vitesses sont d'autant plus élevées que les variations du nombre de Reynolds à partir de zéro sont plus faibles (1).

Ils ont étudié également le cas d'un tube dans lequel se trouve un obstacle immergé, par exemple une palette circulaire normale à l'axe et centrée sur lui. En augmentant progressivement la vitesse à partir de zéro ils ont observé les phénomènes suivants : filets contournant l'obstacle sans décollement, tourbillons fixes $\alpha\beta$, tourbillons alternés, surfaces de discontinuité. Ils ont retrouvé le phénomène de rétrogradation au voisinage de l'obstacle que j'avais déjà signalé (2). Enfin, ils ont mis en évidence l'existence d'un certain retard dans le développement des courbes $\alpha\beta$ en régime transitoire par rapport au régime permanent.

Une autre catégorie de phénomènes transitoires concerne les mouvements giratoires. Dans un travail fait en collaboration avec M. L. Escande (3) nous avons abordé cette étude pour les mouvements giratoires à surface libre ou Vortex. MM. L. Escande et P. Dupin ont étudié le même problème dans le cas de mouvements giratoires produits dans des systèmes en charge,

(1) Des observations analogues ont été faites par MM. Crausse et Baubiac pour les tourbillons; ils ont étendu les remarques de MM. Dupin et Teissié-Solier concernant les durées d'établissement des tourbillons de Bénard-Kármán, au voisinage du criterium, dans le cas où l'ajutage renferme un obstacle (P. Dupin, *Thèse* présentée à la Faculté des Sciences de Paris, 1930, p. 41).

(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 442.

(3) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1048.

en faisant tourner, par exemple, un cylindre droit à base circulaire rempli d'eau et ne possédant pas de surface libre. En observant par la chronophotographie le mouvement qui se transmet progressivement de la périphérie au centre, ils ont vérifié que les durées d'établissement des vitesses satisfont à la loi de similitude de Reynolds.

Cette loi s'applique donc, dans les conditions où nous avons opéré, aux phénomènes transitoires dans les ouvrages en charge; nous avons montré qu'elle se vérifie aussi pour les tourbillons alternés de Bénard-Kármán [1] et dernièrement, MM. P. Dupin et M. Teissié-Solier l'ont étendue aux tourbillons produits par des obstacles de révolution dont l'axe est parallèle à la direction générale de l'écoulement.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure géologique de la base de la nappe du Flysch de l'Embrunais dans la vallée d'Ancelle, près Gap (Hautes-Alpes).* Note [2] de MM. **M. Gignoux** et **L. Moret**.

Le torrent d'Ancelle a creusé dans la partie inférieure de la nappe du Flysch de l'Embrunais une gorge profonde aboutissant au grand cirque de Rouanne. Dominés par de hautes montagnes formées presque uniquement de Flysch tertiaire, cette gorge et ce cirque montrent, à la base de cette puissante masse de Flysch, des écailles de terrains mésozoïques très particuliers.

L'étude de cette région, reprise par nous cet automne, nous a conduits à en proposer une interprétation tout à fait différente de celle qu'indique la feuille Gap de la Carte géologique au 1/80000e, levée ici par E. Haug.

Les couches les plus anciennes de la vallée sont des calcaires très massifs, blancs sur les surfaces altérées, gris ou noirs en cassure, parfois dolomitiques, mais toujours de faciès néritique et zoogène ; la structure oolithique y est fréquente, magnifiquement visible à l'œil nu ou au microscope ; certains bancs sont microbréchoïdes, avec de menus galets anguleux de dolomies jaunes triasiques ; parfois la roche devient un véritable calcaire à entroques. Comme fossiles macroscopiques, nous y avons rencontré des *Apiocrinus* et *Pentacrinus*, des radioles d'Oursins, des Polypiers, des Rhynchonelles, des Nérinées, des fragments d'*Alectryonia* et probablement des

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1017.
(2) Séance du 5 décembre 1932.

Pseudochaetetes; aucune espèce n'est vraiment déterminable, mais cette association faunique est précisément celle qui caractérise, dans les zones alpines internes, le Jurassique moyen ou Dogger (Bathonien des auteurs) : étudié par Kilian et Pussenot dans le Briançonnais, sous le nom de couches à *Rhynchonella Hopkinsi*, ce Dogger a été retrouvé plus près de nous dans le massif du Morgon ; soupçonné là par Schœller et l'un de nous, son âge a été définitivement précisé grâce à des faunes d'Ammonites découvertes par Mme Gubler dans la Haute-Ubaye, et par D. Schneegans dans les environs du Lauzet. Nos calcaires d'Ancelle montrent en particulier une surprenante identité avec ceux que D. Schneegans nous a appris à connaître dans le Morgon.

Bref, en attribuant au Dogger ces roches (que E. Haug considérait comme du Tithonique), nous croyons avoir atteint un degré de certitude exceptionnel dans la stratigraphie des zones alpines internes, où tout est encore si incertain.

Ces calcaires massifs dessinent, dans les gorges de Rouanne, deux boutonnières anticlinales, suivies probablement plus en amont de quelques écailles, que nous n'avons pas explorées. Et ces voûtes anticlinales, déversées vers l'Ouest, sont très nettement enveloppées par une série plus schisteuse et plus tendre. Ce sont d'abord des calcschistes tendres gris brunâtre, d'aspect un peu gréseux, tout à fait analogues à ceux que D. Schneegans a reconnus au sommet du Dogger du Morgon, sous le nom de schistes à *Cancellophycus;* ils évoquent le Dogger à *Cancellophycus* des Préalpes savoisiennes et suisses.

Ces calcschistes passent ensuite à une épaisse série de schistes noirs, très tendres, avec nodules calcaires et pyriteux : nous proposons de rattacher ces schistes à la base du Malm et d'en faire du Callovo-Oxfordien. E. Haug les croyait inférieurs aux calcaires massifs, et y voyait des « terres noires » autochtones réapparaissant ici en fenêtres. C'est dans ces schistes tendres que se modèlent les pentes inférieures de la gorge et du cirque de Rouanne, où les calcaires massifs ressortent en verrous. Leur épaisseur est très irrégulière, car en dessus d'eux semble passer une zone d'importants laminages.

Et c'est encore au-dessus de cette zone qu'apparaît un complexe vraiment très curieux : on a là des calcaires clairs à Radiolaires, en gros bancs, contenant des Calpionelles assez typiques, et dont nous sommes tentés de faire du Malm; de petits bancs de calcaires plus marneux, tachetés de brun rouge, rappellent le Berriasien des zones les plus internes de l'autochtone; enfin, et surtout, on voit là des assises siliceuses très caractéristiques : ce

sont des alternances très régulières de calcaires gris en petits bancs, à Radiolaires et spicules d'Éponges, et de zones schisteuses plus ou moins silicifiées : certains bancs, d'une belle couleur vert pistache, méritent d'être appelés des phtanites à Radiolaires; ce sont de véritables Radiolarites, qui en coupe mince évoquent les Radiolarites du Malm (?) briançonnais, de la bordure des schistes lustrés, et même de la nappe rhétique. Il y a aussi de minces bancs microbréchoïdes ou pseudo-bréchoïdes (anciens calcaires grumeleux laminés). Comme fossiles macroscopiques, on a partout des Bélemnites et de très mauvais débris d'*Aptychus*.

Nous n'avons encore pu préciser la stratigraphie exacte de ce complexe; nous serions tentés d'y voir, avec du Malm supérieur, surtout du Néocomien.

Toutes ces couches, qui s'observent ainsi à la base du Flysch de la nappe et y pénètrent en longues écailles anticlinales, étaient englobées par E. Haug dans l'énigmatique formation du Flysch calcaire.

En résumé, nous voyons ici apparaître, à la base de la nappe du Flysch, en écailles ou lambeaux de poussée, des formations rappelant trait pour trait celles qui, dans la même situation tectonique, constituent plus au Sud la masse du Morgon, avec son Dogger néritique et zoogène, ses calcschistes à *Cancellophycus*, ses schistes noirs callovo-oxfordiens, et ses calcaires blancs du Malm. On a ainsi, dans cette vallée d'Ancelle, comme une sorte de Morgon qui serait encore presque complètement enfoui sous la masse du Flysch, et qui apparaîtrait au fond du cirque de Rouanne, où l'érosion n'en a dégagé que le sommet sans atteindre ses parties basales liasiques et triasiques.

Et nous attirons spécialement l'attention sur la découverte de ces curieuses radiolarites, dont nous aurons à préciser la signification dans l'ensemble de la stratigraphie alpine. Contentons-nous pour le moment de remarquer que l'un de nous a observé des complexes siliceux tout à fait analogues (avec gros bancs calcaires à *Aptychus*, Bélemnites, Radiolaires, Calpionelles) dans le Malm-Néocomien de la nappe moyenne (zone du Flysch du Niesen) des klippes préalpines des Annes et de Sulens en Savoie.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'emploi de l'ondo-pompe Cattaneo pour utiliser les mouvements de la mer.* Note [1] de M. **Jules Richard**.

Nous avons pu établir au pied même du Musée océanographique de Monaco un dispositif qui permet d'utiliser les mouvements de la mer d'une façon à la fois simple, élégante et efficace.

Dans un puits de 6^m, dont $3^m,50$ sont au-dessous du niveau moyen de la mer et dont le fond communique avec elle, se trouve un flotteur qui suit les mouvements d'ascension et de descente de l'eau du puits et qui transmettant ces mouvements à deux pistons plongeurs de pompe, permet d'élever l'eau de la mer à la hauteur qu'on a fixée.

Pour cela le flotteur spécial de M. F. Cattaneo, se compose de deux parties bien distinctes : le flotteur proprement dit, hérmétiquement fermé, plein d'air, *F*, et une chambre d'eau *E*, en libre communication par en bas avec l'eau du puits, et, en haut, par les tubes *TT* et les robinets *RR* avec l'air extérieur. Ces tubes *TT* servent en même temps de guides et glissent dans des presse-étoupe *PP* du couvercle qui peut fermer hermétiquement le puits. Ces deux tubes-guides traversent le flotteur *F* sans communiquer avec l'air qu'il contient. Ils sont réunis juste au-dessous des robinets *RR* par une traverse *Tr* à laquelle sont également solidement fixés deux pistons plongeurs *Pp* qui descendent et montent dans des cylindres *Cy* munis de presse-étoupe et dont ils refoulent l'eau dans les colonnes d'alimentation des aquariums. Le flotteur se meut entre 3 guides verticaux de la longueur du puits. Le fonctionnement est très simple : on commence, après avoir mis le flotteur en place, par ouvrir les 2 robinets pour permettre à la chambre *E* de se remplir d'eau, puis on les ferme ; quand l'eau monte dans le puits, le flotteur et les pistons plongeurs montent, l'eau (aspirée à $3^m,50$ par un tube muni d'une crépine) se précipite dans les cylindres *Cy* ; quand l'eau baisse dans le puits, le flotteur descend ainsi que les pistons plongeurs qui refoulent l'eau des cylindres *Cy*, dans la canalisation des aquariums. Le flotteur *F* est fait de façon à soutenir à la surface de l'eau son propre poids, celui des tubes-guides, des pistons plongeurs et la traverse. Mais à la descente, si le diamètre des pistons plongeurs atteint certaines dimensions, ou si la hauteur de refoulement est trop grande, il peut se faire que le poids de l'ensemble ne suffise pas pour un fonctionnement convenable du système. C'est ici qu'apparaît l'utilité de la chambre à eau si ingénieusement imaginée par M. F. Cattaneo (de Voltri). Les robinets *RR* ayant été ouverts, la chambre d'eau s'est remplie d'eau. Ainsi est créé un poids, aussi grand qu'on le voudra, et qui, étant plongé dans l'eau quand la mer monte dans le puits, *ne pèse rien à la montée* et qui,

(1) Séance du 5 décembre 1932.

à la descente, apporte pour le refoulement de l'eau dans la canalisation, l'appoint de poids nécessaire et suffisant.

En effet, le flotteur ne descend pas aussi vite que le niveau de l'eau dans le puits, à cause de la résistance apportée par le refoulement de l'eau à la hauteur voulue ; le flotteur, avec une partie de la chambre d'eau, se trouve ainsi au-dessus du niveau de l'eau du puits. Le poids de l'eau de cette *partie émergée* de la chambre d'eau agit alors pour vaincre la résistance au refoulement, et *il n'émerge de la chambre à eau que juste ce qui est nécessaire pour vaincre cette résistance.*

Dans notre appareil, construit par les soins de l'inventeur, le flotteur à 1^m de diamètre, $1^m,20$ de hauteur ($0^m,60$ pour le flotteur, $0^m,60$ pour la chambre d'eau), il est en cuivre rouge de 5^{mm} d'épaisseur ; les deux tubes-guides en cuivre de 3^{mm} d'épaisseur ont $5^m,70$ de longueur totale et 70^{mm} de diamètre extérieur ; les deux pistons plongeurs sont en acier et ont 5^m de longueur et 60^{mm} de diamètre extérieur ; les cylindres en fonte dans lesquels ils plongent ont 5^m de long et 11^{cm} de diamètre extérieur. Les 4 presse-étoupe sont en bronze.

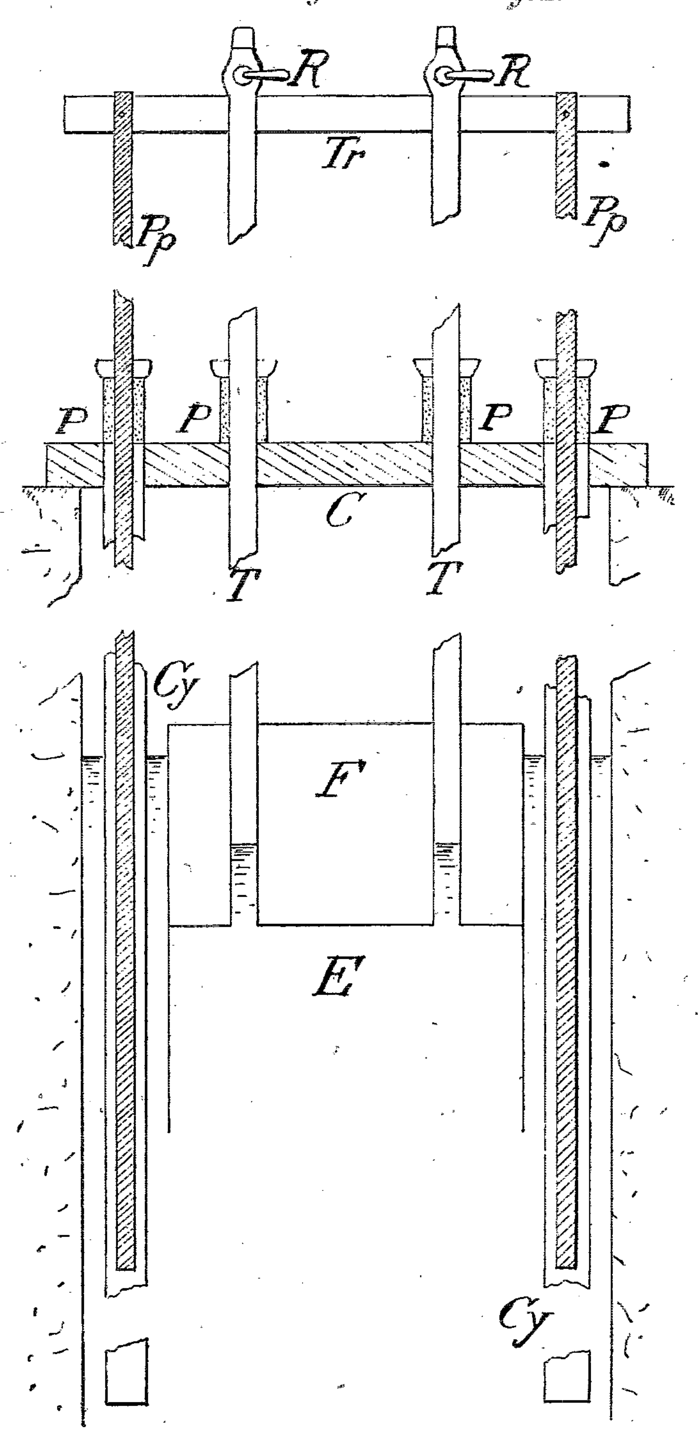
Toutes les pièces métalliques autres que les tuyaux d'aspiration et de refoulement, qui sont en plomb, ont été soigneusement couvertes d'une triple couche de laque d'Indochine. Je ne saurais trop recommander cette substance qu'est la laque, pour la protection des métaux contre l'action de l'eau de mer. Bien appliquée, elle résiste complètement à cette action, mieux que tous les vernis ou peintures, et est employée avantageusement partout où les métaux n'ont pas à subir des rayures ou des frottements abrasifs.

Le couvercle du puits qui a $1^m,50$ de diamètre est fait d'un cadre de madriers dont deux ont $170 \times 30 \times 15^{cm}$, deux autres ont $110 \times 30 \times 15^{cm}$. Au milieu de ce cadre est une traverse de $125 \times 26 \times 14^{cm}$ qui porte les 4 presse-étoupe et est boulonnée par ses extrémités, au milieu des deux traverses principales. Le cadre des 4 madriers est posé sur un grand anneau plat en caoutchouc de 2^{cm} d'épaisseur, de 8^{cm} de largeur, qui donne l'étanchéité du couvercle. Celui-ci est complété par deux épais panneaux de bois.

L'eau refoulée par les pistons plongeurs peut, à volonté, monter à 51^m. à 64^m où est le plus haut réservoir d'alimentation des aquariums du Musée, ou bien être rejetée immédiatement à la mer (d'environ 3^m de hauteur).

Pour faire obstacle aux coups de mer qui peuvent se produire (surtout pendant la nuit, alors qu'on ne peut exercer de surveillance), un orifice de 20^{cm} de diamètre, qui est maintenu ouvert pour le fonctionnement des pompes, peut être automatiquement fermé par un lourd bouchon suspendu à une petite hauteur au-dessus de l'orifice. Quand la course du flotteur devient excessive la traverse supérieure mobile appuie sur le levier qui soutient le bouchon, celui-ci tombe et ferme l'orifice. L'air enfermé dans le puits constitue alors un frein puissant auquel s'ajoute la résistance du refoulement de l'eau à 51 ou à 64^m. Le fonctionnement est d'une grande souplesse. Le puits peut être remplacé par un cylindre de fonte ou d'autre matière convenable. Je crois qu'il serait avantageux de n'avoir qu'un piston plongeur traversant un flotteur annulaire et qui en formerait en même temps le guide unique.

Le 14 novembre dernier, par une houle très faible, l'ondo-pompe Cattaneo a monté l'eau successivement à 51^m, puis à 64^m de hauteur, à raison de 495 litres à l'heure pour 51^m. Le 20 novembre avec une houle


R
R
Tr
Pp
Pp
P
P
P
P
C
T
T
Cy
F
E
Cy

plus forte on élève 990 et le 29 1980 litres par heure à 51^{m} de hauteur. Le diamètre des pistons plongeurs a été fixé à 60^{mm} de façon que le fonctionnement puisse être assuré avec de faibles mouvements de la mer; on peut ainsi profiter des circonstances qui se présentent le plus souvent et ne chômer que par mer tout à fait calme.

Le principe de l'ondo-pompe de M. F. Cattaneo me paraît être un des meilleurs pour utiliser l'énergie de la mer dans les mers sans marées.

PARASITOLOGIE. — *Parasitisme d'une Oscillaire dans l'intestin de la Carpe.* Note (1) de MM. **L. Léger** et **T. Bory.**

Des Schizophycées oscillariformes ont été signalées depuis longtemps dans l'intestin de l'homme par Farre (1842); puis, plus récemment, chez les Batraciens (Collin, 1912), les Rongeurs (Chatton et Perard, 1913), les Ruminants (Langeron, 1923), les Canards (Grassé, 1925).

Rangées d'abord dans les Oscillariées dont elles rappellent l'aspect, ces formes qui constituent aujourd'hui divers genres nouveaux : *Oscillospira*, *Entomitus*, *Simonsiella*, *Anisomitus*, etc., sont aujourd'hui rapprochées avec plus de raison des Bactériacées en considération de l'exiguïté de leurs filaments et de la présence d'endospores. Grassé en fait une famille spéciale, les Oscillospiracées, intermédiaire entre les Cyanophycées et les Bactériacées.

L'organisme que nous allons décrire, qui vit en parasite dans l'intestin des Carpes, présente par contre de telles ressemblances avec les véritables Oscillatoriées par sa forme, sa structure et sa reproduction purement hormogonique (absence d'endospores) que nous ne croyons pas, au moins pour le moment, devoir le séparer des Oscillaires. Nous le laissons même jusqu'à plus ample informé dans le genre *Oscillatoria* et nous le décrirons sous le nom de *O. cyprini* n. sp.

L'*Oscillatoria cyprini* a été rencontré en fin d'hiver dans l'intestin de plusieurs Carpes miroir (*Cyprinus specularis* Lac.) de 30 à 40^{cm} de long provenant d'un petit étang vaseux des environs de Grenoble. Ces Carpes étaient en même temps fortement atteintes de Coccidiose entraînant des altérations de l'épithélium intestinal.

L'Oscillaire parasite se montrait abondamment sur toute la longueur

(1) Séance du 28 novembre 1932.

de l'intestin, sous forme de filaments ou trichomes de toutes tailles depuis des stades très courts à deux ou quatre cellules jusqu'à de longs filaments à nombreuses cloisons, atteignant jusqu'à 300$^{\mu}$ sur 6 à 7$^{\mu}$ de large et souvent réunis en faisceaux rectilignes ou ondulés. Certains trichomes beaucoup plus grêles n'ont que 3$^{\mu}$ de largeur. Les trichomes d'*O. cyprini* avec leur cellule apicale plus haute et arrondie en calotte, rappellent tout à fait des filaments d'Oscillaires libres, à compartiments un peu plus larges que hauts (7$^{\mu}$ sur 5$^{\mu}$) parfois isodiamétriques, et sont totalement dépourvus de gaine; leur contenu est finement granuleux et incolore.

Comme dans les Oscillaires libres, certains trichomes montrent des disjoncteurs préludant à leur division en hormogonies. D'autres offrent des nécrides ou des vacuoles; mais nous n'y avons jamais vu de formations pouvant être interprétées comme endospores, ainsi qu'il en a été décrit chez *Oscillospira*, *Entomitus*, *Anisomitus* etc. Enfin, dans l'intestin de la Carpe, les trichomes nous ont toujours paru immobiles.

L'hypothèse qu'il s'agit là d'une Oscillatoriée parasite et non point d'Oscillaires libres mangées par les Carpes nous fut d'abord suggérée par l'abondance des stades multiplicatifs, l'intégrité de structure et l'aspect florissant des trichomes sur toute la longue étendue du tube digestif de l'hôte, puis confirmée ensuite par l'étude des coupes de l'intestin de la Carpe.

Ces coupes nous montrèrent en effet de nombreuses formes jeunes de l'*O. cyprini*, depuis des stades à deux cellules jusqu'à des filaments de plus de 100$^{\mu}$, fixées à la surface de l'épithélium intestinal par leur extrémité apicale dilatée en cupule, profondément enfoncée dans la bordure en brosse et étroitement appliquée à la surface de la cellule qu'elle déprime légèrement. Cette fixation ne laisse plus aucun doute sur le parasitisme de l'*O. cyprini*. Elle permet à l'algue de résister à l'entraînement vers l'extérieur pendant sa croissance et ainsi de se nourrir aux dépens du contenu intestinal de l'hôte dans lequel elle se multiplie activement par hormogonies précoces comportant souvent un seul élément déjà cloisonné, ou tardives, par dissociation des trichomes en filaments plus ou moins longs.

En vue de savoir si et sous quelles formes les trichomes parasites étaient finalement expulsés de l'hôte avec les excréments, nous avons examiné attentivement ceux-ci et nous y avons retrouvé des Oscillaires en tous points semblables à notre *O. cyprini* qui, une fois libres dans l'eau, montrèrent, à notre grande surprise, un mouvement pendulaire régulier, avec incurvation de leur extrémité antérieure. Sans vouloir affimer que ces

Oscillaires véritables soient les mêmes que les formes intestinales, nous croyons le fait fort possible. S'il en est ainsi, on se trouverait en présence d'une forme saprophyte capable de s'adapter à un véritable parasitisme dans des circonstances déterminées telles que le délabrement de l'épithélium intestinal par une coccidiose intense. De telles conditions sont d'ailleurs assez fréquemment réalisées dans certains étangs vaseux où les Carpes trop souvent atteintes de coccidiose chronique pâturent sur un fond riche en Oscillaires qu'elles absorbent en cherchant leur nourriture, ce qui, par surcroît, leur communique le goût dit de vase ainsi que l'un de nous l'a démontré [1].

M. A. **Mesnager** fait hommage à l'Académie des *Leçons sur la théorie de l'élasticité et ses relations avec la résistance des matériaux*, par Edmond Dreyfuss, dont il a écrit la *Préface*.

M. L. **Guillet** fait hommage à l'Académie du *Cours de Chimie* : II. *Métaux*, par J. Lamirand et H. Pariselle, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La transplantation animale*, par Raoul M. May. (Présenté par M. E. Roux.)

2° A. Guilliermond, G. Mangenot et L. Plantefol. *Traité de Cytologie végétale*. (Présenté par M. M. Molliard.)

3° A. Balachowsky. *Étude biologique des Coccidies du bassin occidental de la Méditerranée*. (Présenté par M. P. Marchal.)

Mmes Vves **Marc Bridel**, **John Briquet**, **Jules Hansen** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées aux travaux de leur mari.

(1) L. Léger, *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 900.

M[mes] **Gabriel Arnaud**, la Générale **Gustave Ferrié**, M[lles] **Suzanne Borel**, **Andrée Dupaix**, **Marthe Lamy**; MM. **Émile Abelous**, **Jean Albert-Weil**, **Eugène Antoniadi**, **Gabriel Arnaud**, **Jacques Aubriot**, **Paul Bertrand**, **Jules Beyne**, **Armand Billard**, **Pierre Bonnet**, **Henri Bouquet**, **Raoul Bricard**, **Louis de Broglie**, **Adolphe Buhl**, **Eugène Burlot**, **Étienne Canals**, **Ernest Chaput**, **Édouard Chatton**, **Paul Chevallier**, **Louis Corbière**, **André Coyne**, **Eugène Darmois**, **Pierre Delanoë**, **Jacques Desbousseaux**, **Jean Dufay**, **Pierre Fauvel**, **Paul Fleuret**, **Henri Fredericq**, **Henri Galbrun**, **Maurice Gevrey**, **Jules Haag**, **Louis Hackspill**, **Émile Hasse**, **Émile Henriot**, **Raymond Horclois**, **Dimitri Ivanoff**, **Georges Jeanneney**, **Stefan Jellinek**, **Georges Kimpflin**, **Paul Kucharski**, **Philippe Lasseur**, **Charles Lavanchy**, **Raoul Leroy**, **Lucien Malassis**, **Pierre Malaval**, **Wladimir Margoulis**, **René Mathey-Cornat**, **Georges Medakovitch**, **Henri Milloux**, **René Morquer**, **Jean Orcel**, **Joseph Pérès**, **Georges Perineau**, **Albert Policard**, **Abel Pourteau**, **François Raoult**, **Louis Rapkine**, **Dimitri Riabouchinsky**, **Jules Rouch**, **Maurice Roy**, **Louis Royer**, **Jean Sabrazès**, **Alfred Saint-Yves**, **Gustave Sayn**, **Jacques Soula**, **Nicolas Stoyko**, **Victor Veau** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[me] V[ve] **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

M[me] **Lucie Randoin**; MM. le Général commandant l'**École Polytechnique**, l'Administrateur de la **Bibliothèque nationale et universitaire** de Strasbourg, **Gaston Dupouy**, **Albert Granger**, **Augustin Mesnager** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les transformations asymptotiques des courbes minima.* Note de M. **Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Appliquée à l'étude des courbes minima, la méthode de M. Cartan révèle l'existence d'un paramètre naturel, le pseudo-arc σ, qu'on obtient, si la courbe minima (M) est représentée à l'aide d'un paramètre quelconque u, en intégrant

$$(1)\qquad d\sigma^2 = i\,\frac{|\,M'_u M''_{u^2} M'''_{u^3}\,|}{|\,M''_{u^2}\,|^2}\,du^2.$$

Les formules qui généralisent celles de Frenet sont

$$(2)\qquad \frac{\overrightarrow{dM}}{d\sigma}=\vec{\theta},\qquad \frac{\overrightarrow{d\theta}}{d\sigma}=\vec{\nu},\qquad \frac{\overrightarrow{d\nu}}{d\sigma}=k\vec{\theta}-\vec{\beta},\qquad \frac{\overrightarrow{d\beta}}{d\sigma}=-k\vec{\nu},$$

$\vec{\theta}$ et $\vec{\beta}$ sont des vecteurs isotropes liés par $\vec{\theta}.\vec{\beta}=1$, $\vec{\nu}$ est unitaire et orthogonal à $\vec{\theta}$ et $\vec{\beta}$; enfin le volume $|\theta\nu\beta|=i$.

La pseudo-courbure k, unique invariant (du quatrième ordre) de la courbe minima a pour valeur

$$k=-\frac{1}{2}\left|\frac{d^3M}{d\sigma^3}\right|^2, \tag{3}$$

2. L'étude des transformations asymptotiques des courbes minima se simplifie notablement, si l'on remarque que de telles transformations conservent le pseudo-arc : *deux arcs homologues, sur deux courbes minima transformées asymptotiques l'une de l'autre suivant un module quelconque, ont le même pseudo-arc.*

En effet, le module étant l, le point courant M_1 de la transformée vérifie

$$M_1=M+l(u\vec{\theta}+\vec{\nu}), \tag{4}$$

u étant solution de l'équation de Riccati

$$\frac{du}{d\sigma}-\frac{u^2}{2}+k+\frac{1}{l}=0. \tag{5}$$

Calculant d'après cela les vecteurs $\overrightarrow{dM_1}/d\sigma$, $\overrightarrow{d^2M_1}/d\sigma^2$, $\overrightarrow{d^3M_1}/d\sigma^3$, on trouve par application de la formule (1)

$$d\sigma_1^2=d\sigma^2. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

3. Il devient dès lors facile de déterminer la position du trièdre intrinsèque de (M_1). En dérivant deux fois (4) par rapport à σ, il vient

$$\vec{\theta}_1=l\left(\frac{u^2}{2}\vec{\theta}+u\vec{\nu}-\vec{\beta}\right), \tag{6}$$

$$\vec{\nu}_1=u\left(\frac{lu^2}{2}-1\right)\vec{\theta}+(lu^2-1)\vec{\nu}-lu\vec{\beta}, \tag{7}$$

$$\vec{\beta}_1=-\frac{1}{l}\left(\frac{lu^2}{2}-1\right)\vec{\theta}-u\left(\frac{lu^2}{2}-1\right)\vec{\nu}+\frac{lu^2}{2}\vec{\beta}. \tag{8}$$

4. Nous aurons la pseudo-courbure k_1 de (M_1) en observant que l'on passe de (M_1) à (M) par une transformation asymptotique de module l, avec simple changement de u en $-u$; en effet, la relation (7) s'écrit aussi

$$\vec{\nu}+\vec{\nu}_1=u(\vec{\theta}_1-\vec{\theta}), \tag{9}$$

et, par suite, la relation (4) équivaut à

$$M = M_1 + l(-u\overrightarrow{\theta_1} + \overrightarrow{\nu_1}). \tag{10}$$

On en conclut que u vérifie encore, outre l'équation (5), la suivante :

$$-\frac{du}{d\sigma} - \frac{u^2}{2} + k_1 + \frac{1}{l} = 0. \tag{11}$$

Une combinaison de (5) et (11) donne

$$k + k_1 = u^2 - \frac{2}{l}. \tag{12}$$

5. La formule (8) peut s'écrire, en tenant compte de (12),

$$\overrightarrow{\beta_1} + \frac{k+k_1}{2}\overrightarrow{\theta_1} = \vec{\beta} + \frac{k+k_1}{2}\vec{\theta}. \tag{13}$$

Cette direction Δ, qui se conserve dans le passage de (M) à (M_1), est la perpendiculaire commune à $\vec{\nu}$ et $\overrightarrow{\nu_1}$. Le trièdre $M\theta\nu\beta$ devient parallèle à $M_1\theta_1\nu_1\beta_1$ si on lui imprime autour de $M\Delta$ une rotation d'un angle φ défini par

$$\cos\varphi = lu^2 - 1. \tag{14}$$

Appelons P et P_1 les pieds de la perpendiculaire commune à $M\nu$ et $M_1\nu_1$, on trouve

$$P = M - \frac{\vec{\nu}}{k+k_1}, \qquad P_1 = M_1 - \frac{\overrightarrow{\nu_1}}{k+k_1},$$

ce qui montre que M et M_1 sont à la même distance de la droite PP_1 : cette droite est donc l'axe du déplacement hélicoïdal qui amène en coïncidence les deux trièdres. La translation composante est équipollente à

$$\overrightarrow{PP_1} = \frac{ul}{k+k_1}\left(\vec{\beta} + \frac{k+k_1}{2}\vec{\theta}\right) = \frac{i}{k+k_1}\vec{\nu}\wedge\vec{\nu}_1. \tag{15}$$

Après ce déplacement, (M) a un contact du troisième ordre avec (M_1) au point M_1. On remarquera que la quantité $k + k_1/2$ est la pseudo-courbure d'une des familles d'hélices minima situées sur le cylindre circulaire d'axe PP_1 et de rayon $-1/k+k_1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Rouché.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Dans une Note récente [1] M. Pompeiu a indiqué une extension intéressante d'un théorème de Rouché : si l'angle des vecteurs joignant l'origine $z = 0$ aux points d'affixes $f(z)$ et $g(z)$ est compris entre $-\pi/2$ et $+\pi/2$ lorsque le point z décrit un contour fermé (C) limitant un domaine (D) dans lequel $f(z)$ et $g(z)$ sont holomorphes et si $f(z)$ s'annule à l'intérieur de (D), $f(z) + g(z)$ s'annule aussi à l'intérieur de (D).

Je me propose de donner quelques compléments de cette proposition. Remarquons que la condition imposée aux vecteurs entraîne que le point d'affixe $\zeta = g(z)/f(z)$ soit situé dans le demi-plan $\mathcal{R}z > 0$; par conséquent, la démonstration du théorème classique de Rouché s'applique sans modification. On peut d'ailleurs supposer que l'angle des vecteurs a une valeur absolue inférieure à π lorsque z est sur (C). Donc : *soient $f(z)$ et $g(z)$ deux fonctions holomorphes dans le domaine* (D) *limité par le contour* (C), *les deux équations*

$$f(z) = 0, \qquad f(z) + g(z) = 0$$

ont le même nombre de racines dans (D) *lorsque l'une des conditions*

$$\left|\frac{f(z)}{g(z)}\right| < 1 \qquad \text{ou} \qquad \left|\arg\frac{f(z)}{g(z)}\right| < \pi$$

est vérifiée quand le point z est sur le contour (C).

On considère la valeur principale de l'argument comprise entre $-\pi$ et $+\pi$.

Il suffit d'ailleurs que cet argument ne soit jamais égal à $\pm\pi$.

Lorsque cet argument est compris entre $-\pi/2$ et $+\pi/2$, la condition devient

$$\mathcal{R}\left(\frac{g}{f}\right) > 0 \qquad \text{ou} \qquad |f - g| < |f + g|,$$

et il suffit d'appliquer le théorème classique de Rouché aux deux fonctions $f_1 = f - g$ et $g_1 = f + g$.

Enfin, le résultat demeure le même lorsque

$$\mathcal{R}\left(\frac{g}{f}\right) > -1 \qquad \text{ou} \qquad \mathcal{R}\left(\frac{g}{f}\right) < -1,$$

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 855.

conditions que l'on peut aussi écrire

$$|g| < |g + 2f| \quad \text{ou} \quad |g| > |g + 2f|.$$

2. Le théorème de Rouché résulte du fait que le point d'affixe

$$\zeta = \frac{g(z)}{f(z)}$$

ne tourne pas autour du point -1 lorsque z décrit le contour (C). Toute condition imposée aux fonctions $f(z)$ et $g(z)$, entraînant la même conséquence pour le point ζ, conduira à la même conclusion : les fonctions f et $f+g$ ont le même nombre de zéros dans (D). Les conditions indiquées au paragraphe précédent sont telles que le point ζ demeure dans un demi-plan ou dans un angle ne contenant pas le point -1.

On peut aussi imposer au point ζ la condition de rester à l'intérieur d'un domaine simplement connexe arbitraire (Δ) ne contenant pas le point -1. Si l'on fait la représentation conforme de ce domaine (Δ) sur le cercle-unité au moyen de la fonction $\varphi(\zeta)$, on sera conduit à la condition

$$|\varphi(\zeta)| < 1.$$

Si l'on fait la représentation conforme de (Δ) sur le demi-plan $\mathcal{R}(z) > 0$ au moyen de la fonction $\psi(\zeta)$, égale à $1+\varphi(\zeta)/1-\varphi(\zeta)$ par exemple, on sera conduit à la condition

$$\mathcal{R}|\psi(\zeta)| > 0.$$

Dans l'un et l'autre cas, lorsque la condition est remplie, f et $f+g$ ont le même nombre de zéros dans (D).

Par exemple, la fonction $\sqrt{1+\zeta}$, qui a la détermination $+1$ pour $\zeta = 0$, représente sur le demi-plan $\mathcal{R}(\zeta) > 0$ le plan tout entier muni de la coupure $(-\infty, -1)$ suivant l'axe réel négatif. Donc, si

$$\mathcal{R}\left(\sqrt{1+\frac{g}{f}}\right) > 0,$$

lorsque z est sur (C), les deux équations $f = 0$, $f+g = 0$ ont le même nombre de zéros dans (D).

3. Si le polynome entier $P(1, \zeta)$, de degré p, a tous ses zéros de modules non inférieurs à *un* et si $|g| < |f|$ sur le contour (C) d'un domaine (D) dans lequel f a n zéros, l'équation

$$P[f, g] = 0$$

a np racines dans ce domaine.

Si les zéros de $P(1, \zeta)$ ont leurs parties réelles non positives et si $\mathcal{R}(g/f) > 0$ sur (C), on obtient la même conclusion.

On a des théorèmes analogues en remplaçant $P(1, \zeta)$ par une fraction rationnelle en ζ dont les zéros et les pôles sont soumis aux mêmes conditions que les zéros de $P(1, \zeta)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *L'ultraconvergence dans certaines séries de fonctions analytiques.* Note de M. **Georges Bourion**, présentée par M. Hadamard.

Les méthodes que j'ai appliquées à l'étude de la convergence des suites de sommes partielles dans le cas d'une série de Taylor ([1]) permettent d'aborder le problème de l'ultraconvergence dans des cas très généraux. Voici l'essentiel des résultats : l'ultraconvergence, si elle se présente, s'étend nécessairement à tous les points-frontières du domaine de convergence ([2]) qui sont des points ordinaires pour la fonction définie par la série, et l'ultraconvergence *serrée* s'étend à toute la frontière de la région de convergence avec une restriction indiquée dans l'énoncé que je vais donner; enfin, on peut encore mettre en rapport l'ultraconvergence d'une suite de sommes partielles avec la loi de croissance du module maximum de ces sommes dans la région de divergence.

Soit une suite de fonctions analytiques $u_n(x)$, uniformes et régulières dans un domaine D qui peut être situé sur une surface de Riemann; supposons que, dans D, $(1/n)\log|u_n(x)|$ tende vers une fonction harmonique $u(x)$ uniformément dans toute région où $u(x)$ est régulière. La région de convergence de la série $\sum_0^\infty a_\nu u_\nu(x)$ est définie par l'inégalité

$$u(x) + \log\alpha < 0, \qquad \text{où} \qquad \alpha = \overline{\lim}\,|a_n|^{\frac{1}{n}};$$

elle se compose de domaines, en nombre fini ou non, où la série peut définir des fonctions analytiques différentes.

Posons

$$s_n(x) = \sum_0^n a_\nu u_\nu(x);$$

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 938-941.

([2]) Le mot *domaine* désigne un ensemble *d'un seul tenant* dont tous les points sont intérieurs.

on obtient facilement l'inégalité

$$(1) \qquad \frac{1}{n}\log|s_n(x)| < u(x) + \log\alpha + \varepsilon_n(x),$$

valable dans la région de divergence; $\varepsilon_n(x)$ tend uniformément vers zéro sur tout ensemble fermé, intérieur à D et à la région $u(x)+\log\alpha \geq 0$, sur lequel $u(x)$ est bornée.

1. *L'ultraconvergence d'une suite partielle s_{n_k} en un point-frontière d'un domaine (d) de convergence de la série entraîne l'ultraconvergence de cette suite en tout point-frontière de (d) intérieur à* D *et au domaine de régularité de la fonction analytique définie par la série dans (d).*

2. Supposons que l'on ait, pour une suite partielle s_{n_k}.

$$(2) \qquad \frac{1}{n_k}\log|s_{n_k}(x)| < \mathrm{U}(x)$$

ou

$$(2') \qquad \frac{1}{n_k}\log|s_{n_k}(x)| < \mathrm{U}(x) + \varepsilon_{n_k}(x),$$

sur un ensemble $\mathcal{E}$ qui ne soit pas de capacité nulle, $\mathcal{E}$ étant intérieur à D mais non intérieur aux domaines de convergence, $\mathrm{U}(x)$ étant inférieure à $u(x)+\log\alpha$ sur $\mathcal{E}$ et $\varepsilon_{n_k}(x)$ tendant uniformément vers zéro sur $\mathcal{E}$ [1]. Considérons un point x_0, intérieur à D, ayant les propriétés suivantes : $u(x_0)+\log\alpha=0$; x_0 est point-frontière de celui des domaines

$$u(x)+\log\alpha > 0$$

qui contient $\mathcal{E}$; x_0 est un point régulier pour la fonction analytique définie par la série dans celui des domaines $u(x)+\log\alpha < 0$ dont x_0 est un point-frontière. *La suite s_{n_k} est ultraconvergente en x_0.*

3. *Si l'inégalité* (2) *ou* (2') *est vérifiée sur un ensemble $\mathcal{E}$ satisfaisant aux conditions énoncées plus haut, et si de plus $n_{k+1} : n_k$ tend vers* 1 : *la suite s_{n_k} est ultraconvergente en tout point frontière, intérieur à* D, *d'un domaine de convergence de la série.*

2. On généralise facilement en remplaçant la condition

$$\frac{1}{n}\log|u_n(x)| \to u(x) \qquad \text{par} \qquad \frac{1}{\lambda_n}\log|u_n(x)| \to u(x),$$

---

(1) La condition (2') n'est plus générale que (2) qu'en apparence, mais elle est d'un emploi plus commode. Si les s_{n_k} convergent uniformément dans un domaine extérieur aux domaines de convergence de la série, mais intérieur à D, la condition (2') est vérifiée avec $\mathrm{U}(x)=0$.

les λ_n étant tels que la série $\Sigma r^{-\lambda_n}$ converge pour r supérieur à 1. Sous cette forme, les résultate obtenus s'appliquent á une classe étendue de séries de Dirichlet; une étude directe permet de les étendre à toutes les séries de Dirichlet. J'énonce explicitement le théorème relatif à la « solidarité » des points de la droite de convergence vis-à-vis de l'ultraconvergence :

Considérons une série de Dirichlet $\sum_0^{\infty} a_\nu e^{-\lambda_\nu x}$ ($\lambda_\nu \to \infty$, $\lambda_{\nu+1} > \lambda_\nu$); soit $f(x)$ la fonction définie par la série dans le demi-plan de convergence; posons $s_n(x) = \sum_0^n a_\nu e^{-\lambda_\nu x}$. *Si la suite s_{n_k} est ultraconvergente en un point de la droite de convergence, elle est ultraconvergente en tout point de cette droite intérieur au domaine de régularité de $f(x)$; si de plus $\lambda_{n_{k+1}}/\lambda_{n_k+1} \to 1$ (ultra-convergence serrée), $f(x)$ est régulière en tout point de la droite de convergence.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la structure topologique des continus rectifiables.* Note de M. J. **Favard**, présentée par M. Hadamard.

Dans presque toutes les définitions de la longueur utilisées jusqu'à présent, la notion d'ordre n'intervient pas : ces définitions s'appliquent donc aux continus. Ainsi celle de M. Lebesgue peut être formulée comme il suit : on appellera longueur d'un continu la plus petite limite des longueurs des lignes polygonales continues qui tendent vers lui; un continu sera dit rectifiable si la longueur est finie. A mon avis il n'y a donc pas lieu de borner, *a priori*, les études sur ce sujet aux arcs simples de Jordan, ainsi qu'on le fait habituellement, mais on doit d'abord rechercher des conditions topologiques nécessaires auxquelles doivent satisfaire les continus pour être rectifiables.

Dans un espace euclidien à un nombre fini de dimensions, des conséquences communes aux définitions adoptées jusqu'ici sont les suivantes :

a. La longueur d'un continu n'est pas inférieure à son diamètre;

b. La longueur d'un continu n'est pas inférieure à la somme des longueurs d'un nombre fini de continus disjoints situés sur lui.

Cela étant admis, on peut obtenir sans grande difficulté les deux résultats suivants :

1° *Tout continu rectifiable ne contient aucun point de dimension supérieure à un : c'est donc une ligne cantorienne* (d'après Urysohn).

2° *Toute ligne cantorienne rectifiable est un continu de Jordan qui est la somme d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable d'arcs simples ayant, deux à deux, au plus deux points communs.*

Ainsi on voit qu'il est légitime de borner les considérations aux arcs simples, ainsi qu'on le fait en général.

Les démonstrations des résulats précédents, qui n'utilisent qu'un petit nombre de propriétés de l'espace, sont naturellement valables dans des espaces plus généraux.

Quant à l'aire intérieure des continus, dans l'espace ordinaire, suivant la définition de M. Lebesgue, un résultat de M. Lebesgue permet seulement d'affirmer l'existence de continus plans rectifiables sur tout continu dont l'aire intérieure est finie.

Si l'on accepte la définition de l'aire proposée par M. Steinhaus et moi-même (*C. R. du Ier Congrès des Math. des Pays Slaves*, 1930. Ce travail n'est venu à ma connaissance qu'après la publication de ma Note des *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 344), les continus quarrables sont ceux dont presque toutes les sections planes sont des ensembles rectifiables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application géologique des équations différentielles.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. J. Hadamard.

1. On attribue souvent les glaciations périodiques du globe terrestre aux oscillations de teneur en charbon de l'atmosphère. La cause de ces oscillations reste elle-même cachée. Sans prétendre à éclaircir définitivement cette question, je vais suggérer une explication plus ou moins plausible et se prêtant très bien au calcul.

Soient x la quantité de carbone utilisable dans l'atmosphère et dans la couche supérieure de l'écorce terrestre; y la quantité de carbone végétal et z la quantité de carbone animal. Admettons : 1° que les végétaux empruntent leur carbone au milieu extérieur en partie proportionnellement à y, et en partie proportionnellement à xy [principe des rencontres de Volterra [1]]; 2° que les animaux empruntent leur carbone aux végétaux d'après le même principe; 3° que les produits de désagrégation des animaux et des végétaux

[1] *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*, Paris, Gauthier-Villars, 1931.

reviennent au milieu extérieur sous forme utilisable. Alors x, y, z vérifient les équations différentielles

$$(1)\qquad x' = -\beta y + \gamma z - bxy;$$

$$(2)\qquad y' = \beta y - ayz + bxy;$$

$$(3)\qquad z' = -\gamma z + ayz.$$

Ces équations montrent tout d'abord que la quantité totale de carbone $C = x + y + z$ reste constante. En éliminant x de (2) on a

$$(4)\qquad y' = y[(bC + \beta) - by - (a+b)z].$$

L'état stationnaire a lieu pour

$$y = p = \frac{\gamma}{a}, \qquad z = q = \frac{baC + a\beta - b\gamma}{a+b}.$$

L'équation caractéristique de ce système dans le cas des petites oscillations autour du point stationnaire (p, q) : $m^2 + mbp + (a+b)apq = 0$ a des racines négatives ou complexes avec une partie réelle négative. Le point (p, q) est un *nœud* si l'on a

$$\frac{\gamma}{a} - \frac{\beta}{b} < C < \frac{\gamma b}{4a^2} + \frac{\gamma}{a} - \frac{\beta}{b},$$

et un *foyer* si $C > \gamma b/4a^2 + \gamma/a - \beta/b$. Donc, dans tous les cas, il y a tendance vers un état limite stationnaire. On voit que pour C assez grand le point (p, q) est un *foyer*, et la variation de x, y, z est quasi périodique.

2. *Un cas périodique.* — Le processus devient périodique si l'on suppose $b = 0$. Dans ce cas les équations différentielles deviennent

$$(5)\qquad x' = -\beta y + \gamma z, \qquad y' = \beta y - ayz, \qquad z' = -\gamma z + ayz.$$

L'intégrale

$$(6)\qquad y^{\gamma} z^{\beta} e^{-ay-az} = y_0^{\gamma} z_0^{\beta} e^{-ay_0-az_0}$$

montre que les « trajectoires » sont des courbes fermées entourant le point (p, q) et x, y, z périodiques. D'autre part, l'introduction des coordonnées polaires $ay = \gamma + R\cos\varphi$, $az = \beta + R\sin\varphi$ permet de calculer

$$R = \sum_{n=1}^{\infty} A_n s^n, \qquad \omega = \sum_{n=0}^{\infty} \omega_k s^{2k},$$

en posant

$$B_k = \beta^{-k+1}\sin^k\varphi + \gamma^{-k+1}\cos^k\varphi,$$

$$A_1^2 = \frac{2}{B_2}, \qquad A_2 = \frac{2}{3}\frac{B_3}{B_2^2}, \qquad A_3 = A_1\left(\frac{5}{9}\frac{B_3^2}{B_2^3} - \frac{1}{2}\frac{B_4}{B_2^2}\right), \qquad \ldots,$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\beta\gamma}}, \qquad \omega_1 = \frac{\pi(\beta+\gamma)}{6\beta\gamma\sqrt{\beta\gamma}}, \qquad \omega_2 = \frac{\pi(\beta+\gamma)^2}{288\beta^2\gamma^2\sqrt{\beta\gamma}}, \qquad \ldots,$$

$$e^{-s^2} = \left(1 + \frac{R_0\sin\varphi_0}{\beta}\right)^{\beta}\left(1 + \frac{R_0\cos\varphi_0}{\gamma}\right)^{\gamma} e^{-R_0\sin\varphi_0 - R_0\cos\varphi_0}.$$

Ces formules permettent de calculer R, φ et ω avec une approximation tout à fait suffisante. Remarquons que l'équation bien connue

$$(1+u)e^{-u} = e^{-s^2}$$

n'est qu'un cas particulier de (6) et que ses deux racines u_1 et u_2 ont la forme particulièrement simple

$$u_1 = -\sqrt{2}\left(s + \frac{s^3}{18} + \frac{s^5}{1080} - \ldots\right) + \left(\frac{2}{3}s^2 - \frac{2}{135}s^4 + \frac{4}{243.35}s^6 - \ldots\right),$$

$$u_2 = \sqrt{2}\left(s + \frac{s^2}{18} + \frac{s^5}{1080} - \ldots\right) + \left(\frac{2}{3}s^2 - \frac{2}{135}s^4 + \frac{4}{243.35}s^6 - \ldots\right).$$

3. Il est facile de voir que les oscillations périodiques ou quasi périodiques de teneur en carbone de l'atmosphère résultent de ce que le monde animal n'est pas le consommateur immédiat du carbone atmosphérique. Soient x la quantité de carbone dans le milieu extérieur, v la quantité de carbone dans le monde organique. En simplifiant les hypothèses, on trouve les équations $x' = \alpha v - axv$, $v' = -\alpha v + axv$. Ce système s'intègre facilement, et l'on voit que x et v tendent vers un état stationnaire sans subir d'oscillations ni périodiques ni quasi périodiques.

4. Ces exemples montrent que des hypothèses très simples sur les relations existant entre le monde organique et le milieu extérieur permettent d'expliquer les oscillations de la teneur en carbone de l'atmosphère.

D'autres problèmes géologiques se traitent de la même façon. Ainsi, les eaux de la mer Noire sont intoxiquées par l'acide sulfhydrique, de sorte que la vie abyssale y est impossible. Or, l'étude des sédiments de la mer Noire montre l'existence d'une certaine périodicité de l'ordre de 1500-2000 ans. On peut expliquer ces faits en admettant : 1° l'origine organique de l'acide sulfhydrique; 2° la participation chimique de cet acide dans la transformation des sédiments. Ces hypothèses suffisent pour construire des équations

différentielles de Volterra analogues aux équations (1), (2), (3) et pour expliquer la périodicité. On pourrait traiter de la même façon la sédimentation et le métamorphisme dans les bassins fermés.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Représentation de certaines fonctions par des séries particulières de polynomes*. Note [1] de M. **D. Belorizky**.

1. La fonction $y = (1+\theta/1-\theta)^{Ai}(i=\sqrt{-1})$ est développable suivant les puissances de θ en une série qui converge à l'intérieur du cercle de rayon 1 et sur le cercle [2] sauf aux points ± 1. Par conséquent, les fonctions $\sin(A \log 1+\theta/1-\theta)$, $\cos(A\log 1+\theta/1-\theta)$ sont développables en séries suivant les puissances de θ, et ces séries convergent sur le cercle de rayon 1, sauf aux points ± 1.

Soient

$$(1)\quad \begin{cases} \sin\left(A\log\dfrac{1+\theta}{1-\theta}\right) = a_1\theta + a_3\theta^3 + \ldots + a_{2n+1}\theta^{2n+1} + \ldots, \\ \cos\left(A\log\dfrac{1+\theta}{1-\theta}\right) = 1 + a_2\theta^2 + a_4\theta^4 + \ldots + a_{2n}\theta^{2n} + \ldots \end{cases}$$

ces développements. En faisant $\theta = e^{i\varphi}$ et en égalant les parties réelles et imaginaires dans les deux membres, on trouve :

$$(2)\quad \begin{cases} \sin\left(A\log\cot\dfrac{\varphi}{2}\right)\operatorname{ch}\dfrac{A\pi}{2} = a_1\cos\varphi + a_3\cos 3\varphi + \ldots + a_{2p+1}\cos(2p+1)\varphi + \ldots, \\ \cos\left(A\log\cot\dfrac{\varphi}{2}\right)\operatorname{sh}\dfrac{A\pi}{2} = a_1\sin\varphi + a_3\sin 3\varphi + \ldots + a_{2p+1}\sin(2p+1)\varphi + \ldots, \\ \cos\left(A\log\cot\dfrac{\varphi}{2}\right)\operatorname{ch}\dfrac{A\pi}{2} = 1 + a_2\cos 2\varphi + a_4\cos 4\varphi + \ldots + a_{2p}\cos 2p\varphi + \ldots \quad [3], \\ -\sin\left(A\log\cot\dfrac{\varphi}{2}\right)\operatorname{sh}\dfrac{A\pi}{2} = a_2\sin 2\varphi + a_4\sin 4\varphi + \ldots + a_{2p}\sin 2p\varphi + \ldots. \end{cases}$$

2. De (1) ou (2) on déduit des relations de récurrence entre les a_n

$$(3)\quad n a_n - (n-2)a_{n-2} = (-1)^{n-1}\,2A a_{n-1} \qquad \text{avec} \quad a_0 = 1, \qquad a_1 = 2A, \qquad \ldots.$$

(1) Séance du 28 novembre 1932.

(2) Puisqu'elle reste bornée à l'intérieur du cercle de rayon 1. Voir P. Fatou, *Séries trigonométriques et séries de Taylor* (*Acta mat.*, 30, 1906, p. 204-208).

(3) On trouve sans calcul

$$\int_0^\pi \cos\left(A\log\cot\frac{\varphi}{2}\right)d\varphi = \int_0^\infty \frac{\cos Az}{\operatorname{ch} Az}\,dz = \frac{\pi}{\operatorname{ch}\dfrac{A\pi}{2}}.$$

Ainsi les a_n sont des polynomes de degré n en A de forme générale

$$a_{2n} = P_{2n} = -\alpha_2(2A)^2 + \alpha_4(2A)^4 - \alpha_6(2A)^6 + \ldots \pm \frac{(2A)^{2n}}{(2n)!},$$
$$a_{2n+1} = P_{2n+1} = \frac{2A}{2n+1} - \alpha_3(2A)^3 + \alpha_5(2A)^5 + \ldots \pm \frac{(2A)^{2n+1}}{(2n+1)!},$$

les α_i étant positifs et variant avec n.

L'expression $(-1)^n a_n n/2A$ est le dénominateur de la $n^{\text{ième}}$ réduite de la fraction continue $\left[0, A, \frac{-A}{2}, \frac{A}{3}, \ldots, (-1)^{n-1}\frac{A}{n}, \ldots\right]$.

On trouve encore

$$(5) \quad \begin{cases} (2p+1)a_{2p+1} = 2A(1 + a_2 + a_4 + \ldots + a_{2p}), \\ 2p\,a_{2p} = -2A(a_1 + a_3 + \ldots + a_{2p-1}). \end{cases}$$

On peut conclure de là que na_n ne tend vers aucune limite, bien que a_n tende vers zéro pour $n \to \infty$.

3. De (2) on déduit les relations suivantes :

$$(6) \quad \begin{cases} a_{2n} = \frac{2}{\pi}\,\mathrm{ch}\,\frac{A\pi}{2}\int_0^\pi \cos\left(A \log\cot\frac{\varphi}{2}\right)\cos 2n\varphi\, d\varphi \\ \quad = -\frac{2}{\pi}\,\mathrm{sh}\,\frac{A\pi}{2}\int_0^\pi \sin\left(A \log\cot\frac{\varphi}{2}\right)\sin 2n\varphi\, d\varphi = P_{2n}. \quad (n > 0), \\ a_{2n+1} = \frac{2}{\pi}\,\mathrm{ch}\,\frac{A\pi}{2}\int_0^\pi \sin\left(A \log\cot\frac{\varphi}{2}\right)\cos(2n+1)\varphi\, d\varphi \\ \quad = \frac{2}{\pi}\,\mathrm{sh}\,\frac{A\pi}{2}\int_0^\pi \cos\left(A \log\cot\frac{\varphi}{2}\right)\sin(2n+1)\varphi\, d\varphi = P_{2n+1} \quad (^1). \end{cases}$$

On trouve comme limite supérieure de la valeur absolue des a_n :

$$|a_{2p}| < \frac{4A}{p\pi}\,\mathrm{sh}\,\frac{A\pi}{2}\left(1 + \frac{1}{3} + \ldots + \frac{1}{2p+1}\right);$$
$$|a_{2p+1}| < \frac{2A}{2p+1}\left\{1 + \mathrm{sh}\,\frac{A\pi}{2}\left[1 + \frac{4}{\pi}\left(1 + \frac{1}{3} + \ldots + \frac{1}{2p+1}\right)\right]\right\}.$$

---

(1) Si l'on fait $n = 0$, on trouve immédiatement

$$\int_0^\infty \frac{\sin\frac{A}{2}z}{1+e^z}\,dz = \frac{2}{A^2} - \frac{\pi}{A\,\mathrm{sh}\,\frac{A\pi}{2}}.$$

En faisant dans (2) $\varphi = \pi/2$, on trouve

$$\text{sh}\frac{A\pi}{2} = P_1 - P_3 + P_5 - \ldots; \qquad \text{ch}\frac{A\pi}{2} = 1 - P_2 + P_4 - P_6 + \ldots,$$

d'où

$$e^{\frac{A\pi}{2}} = 1 + P_1 - P_2 - P_3 + P_4 + P_5 - \ldots.$$

Ainsi ces fonctions de A sont représentées par des séries de polynomes en A, convergeant pour toutes les valeurs réelles de A.

4. La fonction $[(1+\theta)/(1-\theta)]^A$ est développable, lorsque A est réel et $|A| < 1$, en une série de puissances de θ, qui converge sur chaque point du cercle de rayon 1, sauf aux points ± 1. Soit

$$(7) \qquad \left(\frac{1+\theta}{1-\theta}\right)^A = 1 + b_1\theta + b_2\theta^2 + \ldots + b_n\theta^n + \ldots.$$

Les coefficients du développement sont des polynomes en A à coefficients positifs. On a, en effet, les relations de récurrence :

$$nb_n = (n-2)b_{n-2} + 2A\,b_{n-1} \qquad \text{avec} \qquad a_0 = 1, \quad a_1 = 2A.$$

D'autre part, ces polynomes s'obtiennent immédiatement en multipliant les deux séries : $(1+\theta)^A \times (1-\theta)^{-A}$.

En considérant la série (7) sur le cercle de convergence, on voit que $\sin A\pi/2$, $\cos A\pi/2$ sont développables en séries de polynomes en A, pour A réel et compris entre -1 et $+1$, ± 1 exclus, et à l'intérieur de cet intervalle ces séries convergent *uniformément*.

CHRONOMÉTRIE. — *Influence des trépidations sur la marche des montres.* Note de M. **J. Granier**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'on soumet une montre à l'action de vibrations sinusoïdales, on constate que le mouvement du balancier diminue d'amplitude et que cette montre retarde. Examinons séparément ces deux phénomènes.

La diminution d'amplitude provient sans aucun doute d'une augmentation des frottements. Le calcul montre que l'amplitude α du mouvement du balancier est dans ces conditions liée à l'amplitude a des trépidations et à leur fréquence f par la formule

$$\alpha = \frac{A}{B + af^2}$$

dans laquelle A et B sont des constantes.

Dans une montre en fonctionnement, l'amplitude du balancier varie

d'une manière assez irrégulière, et, d'autre part, elle ne peut être mesurée pendant les trépidations que d'une manière assez grossière; néanmoins nous avons pu constater expérimentalement que la formule précédente représente bien l'allure des phénomènes et en particulier que la diminution d'amplitude du balancier dépend bien du produit af^2.

Examinons maintenant la cause du retard. Il n'est certainement pas une conséquence directe de l'augmentation des frottements; on sait, en effet, que la période d'un mouvement oscillatoire n'est pas affectée par l'introduction d'un frottement constant et qu'il en est très sensiblement de même pour un frottement proportionnel à la vitesse.

Ce retard n'est pas dû non plus à la diminution d'amplitude du balancier. Nous l'avons vérifié de la manière suivante : en observant des montres, d'abord lorsqu'elles venaient d'être remontées à fond (amplitude maxima), ensuite lorsqu'elles étaient près de s'arrêter (amplitude minima), nous avons déterminé la différence de marche maxima que pouvait produire pour chacune d'elles la variation d'amplitude; cette différence était positive ou négative suivant le réglage de l'échappement et la forme des courbes terminales. Remontées à fond et soumises à des trépidations, ces montres ont accusé des différences de marche 5 à 10 fois plus considérables et toutes de même sens (retard). Il ne saurait donc être question de les attribuer à la diminution d'amplitude du balancier, et, comme on observe de tels retards même sur des montres à balancier monométallique et dépourvues de raquette, on ne peut guère en accuser que le spiral; sous l'action des trépidations, le spiral se déforme parfois considérablement et il n'est pas étonnant que, dans ces conditions, la marche en soit profondément affectée.

Les déformations d'un spiral sont d'autant plus importantes que sa période d'oscillation propre est plus voisine de celle des trépidations. Un spiral encastré à ses deux extrémités est en effet un système oscillant très peu amorti et par conséquent susceptible de donner lieu à des effets de résonance très marqués.

La fréquence propre d'un spiral dépend de ses dimensions et de la nature du métal qui le constitue. Pour un spiral cylindrique de faible pas et de section circulaire, on peut montrer expérimentalement qu'elle est proportionnelle au diamètre du fil et en raison inverse de sa longueur et du diamètre d'enroulement. Pour les spiraux plats de dimensions courantes en horlogerie, elle est comprise entre 30 et 50, c'est-à-dire qu'elle est du même ordre de grandeur que celle des trépidations produites par les moteurs à explosion.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les tourbillons produits par des obstacles de révolution autour d'un axe parallèle à la direction générale de l'écoulement.* Note [1] de MM. **P. Dupin** et **M. Teissié-Solier**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note a pour objet l'étude des tourbillons produits par des obstacles de révolution autour d'un axe parallèle à la direction générale de l'écoulement.

Les obstacles utilisés etaient constitués par des cylindres droits à base circulaire supportant à leur extrémité aval une plaque circulaire mince de diamètre double.

Le dispositif expérimental adopté était celui représenté à la figure 1. L'obstacle était

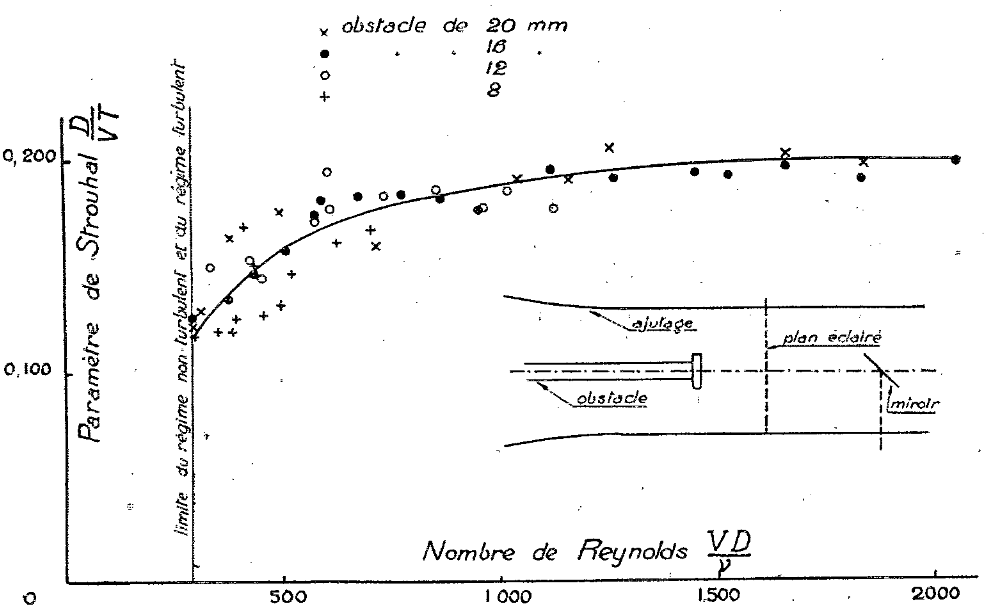


Fig. 1. — Courbe de Strouhal et vue schématique du dispositif expérimental.

placé dans un champ uniforme de vecteurs vitesses réalisé dans un ajutage de 150^{mm} de diamètre, son axe étant confondu avec celui de l'ajutage. On éclairait et l'on observait un plan normal à la direction de l'écoulement de l'eau et par conséquent parallèle à celui de la plaque.

Nous avons observé dans ces conditions, à l'aval de l'obstacle, l'existence

(1) Séance du 5 décembre 1932.

d'un phénomène périodique déjà mis en évidence pour les disques et sphères par L. Schiller et H. Schmiedel ([1]) et pour les plaques inclinées par E. G. Eden ([2]).

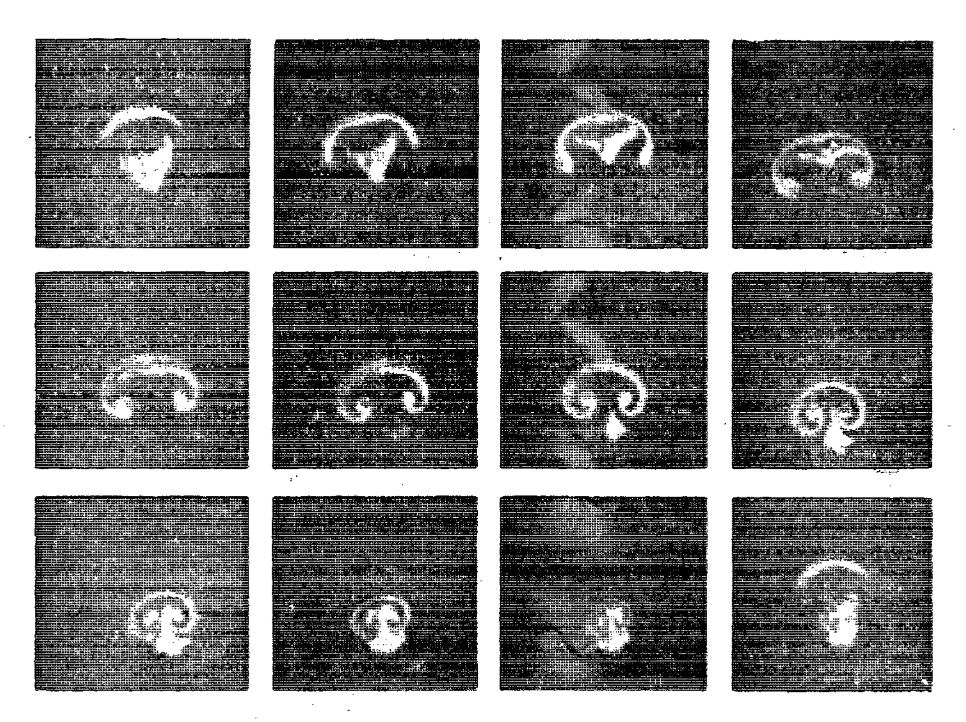


Fig. 2. — Aspects divers du sillage durant une période.

Le mode d'observation utilisé nous a en outre permis de constater que, dans les conditions de nos expériences, le sillage présente un plan de symétrie déjà visible avant l'apparition des tourbillons. Les vues successives reproduites ci-dessus (*fig.* 2), vues extraites d'un film et obtenues à l'aide d'un précipité blanc impalpable, montrent différents aspects du phénomène pendant une période. L'orientation du plan de symétrie peut varier durant l'observation, cependant la période observée semble indépendante de sa position.

Il y a également lieu de signaler qu'à partir d'une certaine vitesse, le

([1]) H. Schmiedel, *Phys. Zeitsch.*, **29**, 1928, p. 593 et L. Schiller und H. Schmiedel, *Zeitsch. für Mathem.*, **21**, 1928, p. 497.

([2]) L. Bairstow, *Applied Aerodynamics*, London, 1920, p. 377.

sillage présente des variations d'amplitude, phénomène qui est à rapprocher de celui observé lors de l'étude des tourbillons alternés.

Nous avons étudié pour des cylindres de 4, 6, 8 et 10^{mm} de diamètre supportant respectivement des plaques de 8, 12, 16 et 20^{mm} de diamètre, la variation de la période T des tourbillons en fonction de la vitesse V du champ.

Ces résultats nous ont permis de tracer la courbe représentative des variations du paramètre sans dimensions D/VT désigné sous le nom de paramètre de Strouhal, en fonction du nombre de Reynolds VD/ν, D représentant le diamètre de la plaque, et ν le coefficient cinématique de viscosité (*fig.* 1).

Nous avons vérifié que dans les conditions de nos mesures, cette courbe est unique et que conformément aux résultats donnés antérieurement, la loi de similitude de Reynolds s'applique à ce phénomène. Nous avons en outre pu déterminer l'existence d'un critérium, c'est-à-dire d'un nombre de Reynolds marquant l'apparition du phénomène périodique dans le sillage de l'obstacle. Dans les conditions de nos expériences, ce nombre est très voisin de 292.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Détermination de quelques caractères physiques de la détonation montrant le caractère local de celle-ci.* Note (¹) de M. **Max Serruys**, transmise par M. J.-L. Breton.

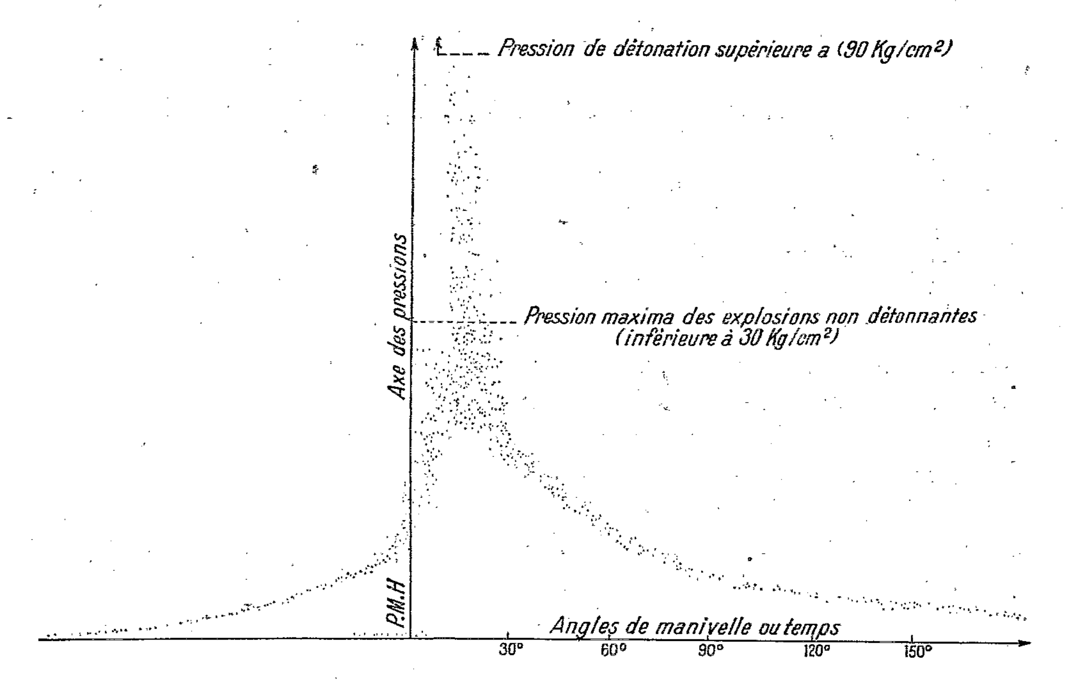
Ayant déterminé la très courte durée du phénomène du cognement, par les expériences et les calculs relatés dans la Note du 30 mai 1932, l'auteur s'est préoccupé de déterminer les principales autres caractéristiques physiques du phénomène : valeur maxima de la pression atteinte, instant où elle se produit, emplacement où elle prend naissance.

De nombreux diagrammes pris à l'aide d'un indicateur Farnboro modifié de manière à éviter toute rupture accidentelle du circuit primaire de l'appareil pouvant entraîner l'inscription de points parasites et présentant l'aspect indiqué (*fig.* 1), nous avaient montré que :

1° Pour des régimes, des charges, des carburants et des moteurs très différents, le cognement apparaît à la fin de la période de combustion comme on peut le vérifier sur des diagrammes correspondant à des détona-

(¹) Séance du 5 décembre 1932.

tions intermittentes et qui indiquent que la détonation apparaît *en général* lorsque la pression a déjà atteint 90 ou 95 pour 100 du maximum correspondant aux explosions non détonantes : de toutes façons, ces diagrammes prouvent que le cognement se produit, *tout au moins à son début*, lorsque



la presque totalité des calories que la combustion du mélange carburé est capable de dégager s'est déjà manifestée (par une élévation de température et de pression de la charge gazeuse).

2° Que le minimum de pression développé dépasse aisément 50 et même 100 kg/cm² avec des carburants possédant un pouvoir calorifique de 11500^{cal} au gramme et pour un taux de compression de 5,5.

Or la température atteinte par la charge gazeuze en fin de combustion, cette dernière, étant supposée instantanée et sans perte et se produisant exactement au point mort haut, peut se calculer comme suit :

Température finale de compression :

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 325 \times 5^{0,41} = 625 \text{ degrés absolus,}$$

soit 356 degrés centigrades environ.

La mesure des grandeurs physiques caractéristiques de la détonation montre que celle-ci est un phénomène local.

La température finale de combustion serait alors, en admettant 15g d'air pur par gramme d'essence brûlée (proportion théorique pour l'essence utilisée),

$$T_2 = 356 + \frac{11500}{0,25 \times 15} = 3410 \text{ degrés centigrades.}$$

La pression correspondante est de 52,5 kg/cm², bien inférieure aux valeurs mesurées.

Nous sommes donc conduits à admettre que le cognement correspond à la combustion très rapide et à *volume sensiblement constant* de la portion des gaz qui brûle *la dernière*, portion dont la pression avant la combustion est déjà très élevée en raison de la dilatation des gaz déjà brûlés (30 kg/cm² et plus). Le calcul précédent montre en effet que si l'équilibre des pressions était maintenu, même approximativement dans la chambre de combustion, les pressions mesurées n'auraient pu être atteintes.

Nous pensons donc que le cognement est un phénomène *local* d'une durée comprise entre $\frac{1}{10000}$ et $\frac{1}{20000}$ de seconde, se produisant à la *fin* de la combustion, c'est-à-dire lorsque la très grande majorité des calories que celle-ci peut fournir a déjà été mise en jeu et dont l'intensité est telle qu'elle peut aisément doubler et même tripler la pression, le maximum absolu pouvant dépasser 100 kg/cm².

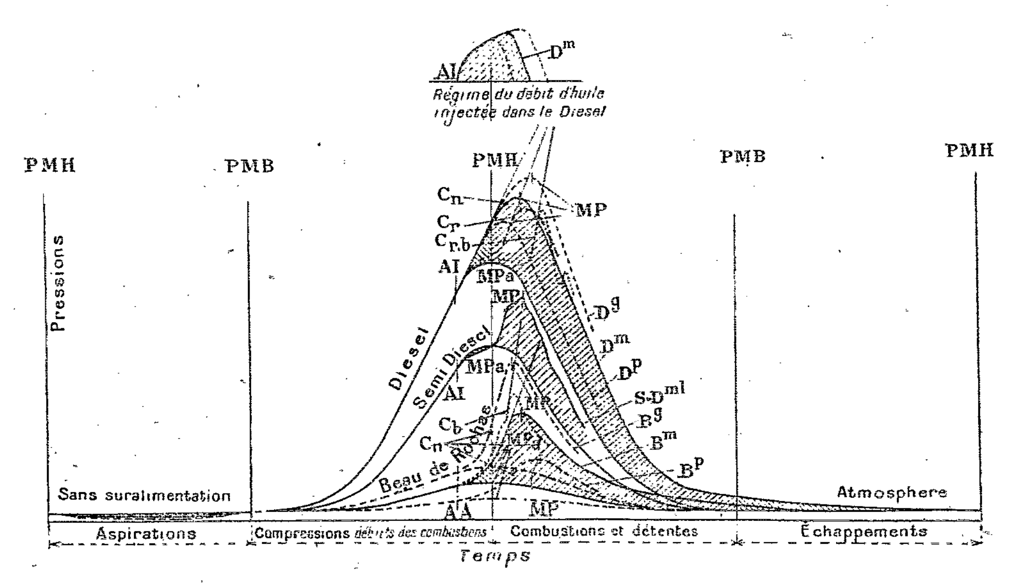
MOTEURS. — *Diagramme représentant les phénomènes réels de compression, de combustion et détente dans les moteurs rapides.* Note de M. **A. Grebel**, présentée par M. Jean Rey.

La représentation habituelle des cycles théoriques (à 4 temps) de Beau-de-Rochas et de Diesel, en coordonnées cartésiennes pression × volume (ou course), est basée sur des hypothèses contraires à la réalité; elles négligent notamment l'avance à l'allumage par étincelle ou à l'injection et la durée de la combustion. Or c'est le démarrage relativement laborieux de l'inflammation initiale, à cheval sur le point mort haut, qui commande l'allure ultérieure, progressive ou brutale des manifestations physiques dont dépend la marche sans ou avec choc, le rendement thermodynamique bon ou mauvais, l'échauffement acceptable ou non du moteur.

Il faut contrôler et étudier la combustion, fonction du temps et non

des élongations du piston, sur des diagrammes pression × temps (ou angle de manivelle) suffisamment étalés; dans ce système, les adiabatiques ne sont plus figurées par des branches d'hyperboles (non équilatères) mais par des profils de doucines couchées.

Aux premiers cycles théoriques et au cycle composite Sabathé, peut être



AA, avance à l'allumage; AI, avance à l'injection; B, moteur Beau-de-Rochas (indices supérieurs : *g*, forte charge; *m*, charge moyenne; *p*, faible charge); C, combustion (indices inférieurs : *b*, brutale; *m*, irrégulière; *n*, normale; *r*, retardée); D, moteur Diesel (indices supérieurs : *g*, forte charge; *m*, charge moyenne; *p*, faible charge); MP, pression maxima (indice inférieur : *a*, pour l'air comprimé sans allumage; sans indice, pour les gaz en combustion); PMB, point mort bas; PMH, point mort haut; S-D, moteur semi-Diesel (indice supérieur : *m*, *l*, charge moyenne et faible vitesse de rotation).

substituée une conception unique de cycle convenant à tous les moteurs à explosion ou à combustion :

Le cylindre d'un de ceux-ci joue successivement les rôles : d'aspirateur d'air carburé ou non, puis de compresseur, ensuite de moteur à air comprimé et enfin d'expulseur d'air, si n'intervient pas l'allumage ou l'injection. En principe, la courbe de détente devrait alors être symétrique, par rapport à l'axe MP_a — PMH (voir figure), de celle de compression qu'on peut relever avec un manographe.

Si, vers la fin de la course de compression (en AA ou AI), on provoque l'inflammation de l'air carburé comprimé ou si l'on insuffle du combustible pulvérisé dans l'air à hautes pression et température, la partie de la chaleur

dégagée, réellement utilisée à l'échauffement des gaz, crée une pression supplémentaire, résistante avant le point mort, motrice après. Sans négliger les autres facteurs comme la nature du carburant, c'est cette pression qu'il importe de distinguer, sur le manogramme, de l'apport de pression qui serait dû à la simple compression adiabatique de l'air carburé ou non.

La superposition sur un même graphique des diagrammes des moteurs Diesel, semi-Diesel et Beau-de-Rochas fait ressortir comment le réglage de la puissance et de la vitesse s'effectue par variations : dans le premier, de la quantité de combustible injecté; dans le dernier, de la quantité de mélange tonnant réglée par l'étranglement sur l'admission.

En résumé, les diagrammes-types des moteurs qui font subir à l'air des changements semblables de volume, température et pression, se distinguent entre eux par les taux de compression, les modes d'introduction et d'allumage du combustible, les modes de réglage de la puissance et de la vitesse. Mais, en tout cas, c'est le départ de la montée en pression supplémentaire qu'il convient de surveiller plus particulièrement.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination des trajectoires météoriques.* Note (1) de M. **V. G. Siadbey**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les observations de météores, de bolides notamment, rapportées par des personnes inexpérimentées, sont souvent entachées d'erreurs importantes. Les effets de ces erreurs, dans les déterminations des trajectoires, peuvent être diminués par l'utilisation d'un nombre suffisant d'observations.

La méthode classique de Galle et Niessl (*Encyklopädie der Math. Wissenschaften*, 6_2, p. 430), applicable lorsqu'on dispose d'un grand nombre d'observations, détermine d'abord le *point final* de la trajectoire. A cet effet on déduit, par les azimuts observés de ce point, la position de sa projection sur la surface terrestre; on perfectionne ensuite une première solution par la méthode des moindres carrés; puis, à l'aide des hauteurs apparentes observées pour ce même point, on détermine sa hauteur, en unités linéaires, au-dessus de la surface terrestre. Le point final ainsi trouvé, sera vu sur la sphère céleste des lieux d'observation, dans des positions généralement différentes de celles données par les

(1) Séance du 5 décembre 1932.

observateurs; on obtient donc, de cette manière, des positions corrigées pour ce point, positions qu'on utilise ensuite dans le calcul du radiant et des autres éléments de la trajectoire.

Mais, on a souvent considéré que cette façon de traiter le point final, en séparant les azimuts et les hauteurs observées, présente un certain degré d'arbitraire et comporte un certain choix dans les matériaux d'observation. Aussi, a-t-on souvent proposé pour la détermination des trajectoires, d'autres méthodes ([1]).

Dans ce qui suit, j'indique une méthode spéciale de correction des trajectoires météoriques observées, en vue de la détermination des éléments des trajectoires réelles. Elle est basée sur l'utilisation simultanée des ascensions droites et des déclinaisons des positions observées du point final; elle dispense en outre de l'emploi de la méthode des moindres carrés; enfin, elle est d'une application facile. On corrige toujours les positions observées du *point final*. Quant aux positions du *point initial*, pour les bolides, il est préférable de conserver les données des observateurs. Eu égard à la précision des observations, la méthode peut être appliquée sous une forme graphique. Soient L_i les points terrestres où se trouvent les observateurs, points donnés par leurs coordonnées géographiques λ_i, φ'_i. Prenons un de ces points L de coordonnées géographiques λ, φ', et calculons les positions des points L_i sur la sphère céleste telles qu'elles sont vues de L. On a

$$\begin{aligned} d_i \cos\Delta_i \cos H_i &= r_i \cos\varphi_i \cos(\lambda_i - \lambda) - r\cos\varphi, \\ d_i \cos\Delta_i \sin H_i &= - r_i \cos\varphi_i \sin(\lambda_i - \lambda), \\ d_i \sin\Delta_i &= r_i \sin\varphi_i - r\sin\varphi, \end{aligned}$$

où d_i sont les distances linéaires de L à L_i, Δ_i et H_i les déclinaisons et angles horaires de L_i sur la sphère céleste vues de L. Les r_i et φ_i ainsi que r et φ sont respectivement les distances et latitudes géocentriques des lieux L_i et L. Par la connaissance du temps sidéral de l'observation en L, on aura les ascensions droites des L_i, $R_i = T - H_i$. Projetons la sphère céleste sur l'horizon de L dans une projection gnomonique et portons sur la carte ainsi obtenue les points (R_i, Δ_i). Il est évident que les points correspondants des trajectoires apparentes, tels qu'ils sont vus de L et d'une autre localité L_i, doivent se trouver sur un arc de grand cercle passant par (R_i, Δ_i). A cause des erreurs d'observation, cette condition ne sera pas satisfaite. Désignons par (α, δ) et (α_i, δ_i) les points de coordonnées α, δ et α_i, δ_i. Sup-

([1]) MOSCHICK, *Mitteil. Sternwarte zu Heidelberg Astr. Institut*, 5, 1905, p. 5.

posons que ces points représentent les positions du point final vues de L et L_i. Traçons sur la carte les deux droites $(\alpha, \delta)(R_i, \Delta_i)$ et $(\alpha_i, \delta_i)(R_i, \Delta_i)$. En général, ces droites feront un certain angle χ. Prenons comme grand cercle commun sur lequel doivent se trouver (α_i, δ_i), (α, δ) et (R_i, Δ_i), le grand cercle passant par (R_i, Δ_i) et également distant des grands cercles représentés par les droites ci-dessus. Il sera figuré sur la carte par la droite bissectrice de l'angle χ. Si l'on mène de (α, δ) et (α_i, δ_i) des perpendiculaires sur cette droite, on peut prendre leurs pieds comme positions corrigées de (α, δ) et (α_i, δ_i). En répétant ce procédé pour tous les points L_i, on trouve les positions corrigées des (α_i, δ_i) et, en même temps, i positions voisines de (α, δ). Comme position corrigée de (α, δ) on prend le centre de l'aire couverte par les i positions. Si ce centre coïncide, dans les limites de la précision qu'on adopte, avec la position initiale de (α, δ), on l'accepte comme position de (α, δ) et en même temps, on considère comme acceptables les (α_i, δ_i) déjà trouvés. S'il ne coïncide pas, on reprend la même opération en partant de la position (α, δ) ainsi corrigée et en employant toujours les (α_i, δ_i) indiqués par les observateurs. Après quelques essais ainsi dirigés, on arrive à des positions acceptables de (α, δ) et (α_i, δ_i). Les trajectoires apparentes ainsi corrigées peuvent être ensuite employées au calcul des éléments de la trajectoire réelle.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la distribution de la matière absorbante galactique*. Note de MM. **Henri Mineur** et **André Machiels**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La matière absorbante galactique a été mise en évidence par Trumpler (1) et par Van de Kamp (2). Nous nous sommes proposé d'étudier sa répartition en utilisant des dénombrements de nébuleuses extragalactiques.

Nous avons utilisé deux catalogues, celui de Shapley, désigné par I, qui contient toutes les nébuleuses jusqu'à la magnitude photographique 13, et les dénombrements de Fath corrigés par Seares, désignés par II, qui portent sur les nébuleuses des S. A. jusqu'à la magnitude 18,6 (Shapley, *Harvard Annals*, 88, n° 2, 1932; Seares, *Mount Wilson Contrib.*, n° 297, 1925, p. 10).

Nous avons exclu du calcul les hautes latitudes qui contiennent les amas

(1) Trumpler, *Lick Observ. Bull.*, 14, n° 420, 1930, p. 154.
(2) Van de Kamp, *Astronom. Journ.*, 40, n° 945, 1930, p. 27.

de Coma Virgo; en utilisant les catalogues I et II, dont les magnitudes limites diffèrent de 5, nous pouvons être sûrs que les résultats ne sont pas troublés par la répartition propre des spirales.

Soient $N(m)$ le nombre de nébuleuses par degré carré si l'absorption n'existait pas, $N'(m, b)$ le nombre de ces astres effectivement observés à la latitude b, et

$$y(m) = \log N(m), \qquad y'(m, b) = \log N(m, b).$$

Nous avons fait d'abord l'hypothèse que la matière absorbante est répartie entre deux plans parallèles au plan galactique, distants de $2h$, e que le Soleil est à la cote z au-dessus du plan galactique.

Comme y_m est une fonction linéaire de $m\,(dy_m/dm = 0{,}6)$, on a

$$y'(m, b) = y(m) - \mathrm{K}h\frac{dy_m}{dm}\operatorname{coséc} b \mp \mathrm{K}z\frac{dy_m}{dm}\operatorname{coséc} b \quad \begin{cases} - \text{hém. sud} \\ + \text{hém. nord} \end{cases}$$

K étant le coefficient d'absorption, $\mathrm{K} = 0{,}7 \cdot 10^{-3}$ magn. parsec^{-1}.

2. Pour déterminer z on traite par les moindres carrés les équations

$$y'(m, b) - y'(m, -b) = 2\mathrm{K}z\frac{dy_m}{dm}\operatorname{coséc} b.$$

Nous avons trouvé

(I) $z = +\ 95$ parsecs ± 12,

(II) $z = +119$ parsecs ∓ 30.

Le Soleil est à environ 100 parsecs au nord du plan galactique. Nous pensons que cette méthode est la plus précise dont on dispose actuellement pour déterminer z.

3. On peut tenter de calculer h, demi-épaisseur de la couche absorbante, au moyen des équations

$$y'(m, b) + y(m, -b) = 2y(m) - 2\mathrm{K}h\frac{dy_m}{dm}\operatorname{coséc} b.$$

Lorsqu'on détermine h par ce moyen, on obtient les deux valeurs suivantes :

1500 parsecs (I) et 1200 parsecs (II); un tel résultat est inadmissible puisque la galaxie a dans le voisinage du Soleil une demi-épaisseur de 200 parsecs seulement. On en conclut que l'hypothèse d'après laquelle la matière absorbante est répartie uniformément entre deux plans parallèles n'est pas acceptable, même en première approximation.

Du reste lorsqu'on porte en abscisse cosec$b$ et en ordonnée $y'(m, b)$, on obtient une courbe qui diffère systématiquement d'une ligne droite et qui

tourne sa concavité vers le haut. Or si la matière obscure était limitée à deux plans parallèles on devrait obtenir une ligne droite.

Ce résultat n'est pas imputable aux nébuleuses obscures dont la carte a été donnée par Lundmark et Melotte, car, si l'on se limite aux longitudes comprises entre 180 et 230° qui ne contiennent pas de telles nébuleuses, le résultat est le même : 1100 parsecs.

Les résultats que nous obtenons s'expliqueraient assez bien en admettant qu'il y a très peu de matière absorbante dans le voisinage immédiat du Soleil ainsi que vers les longitudes 90° et 240°. Cette hypothèse est confirmée par l'absence d'excès de couleur des étoiles lointaines de la constellation de la carène récemment constatée par B. J. Bok [1].

La matière absorbante est particulièrement importante vers les longitudes 340° et 150° où son épaisseur atteint à la latitude 15° : 5000 parsecs (I), 7000 parsecs (II).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude photométrique de l'éclipse partielle de Lune du* 14 *septembre* 1932. Note de M. F. **Link**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pendant l'éclipse partielle de Lune du 14 septembre 1932 j'ai fait une série de mesures de la densité optique de l'ombre. Les observations ont été effectuées à l'Observatoire du Pic du Midi à 2860^{m} d'altitude. Les conditions atmosphériques ont été favorables, le ciel pur quoique un peu brumeux.

Appareil. — J'ai monté à la place de l'oculaire de la lunette de 6^{m} de foyer et de 22^{cm} de diamètre un photomètre sans écran diffusant, analogue à celui de Fabry et Buisson. Son œilleton de 3^{mm} de diamètre se trouvait dans le plan focal; on pouvait comparer la brillance d'une région de la Lune de $1',7$ de diamètre à celle d'une lampe étalon au moyen d'un coin photométrique. J'ai opéré avec les deux filtres suivants : bleu Wratten n° 50 + 64 (longueur d'onde moyenne $0^{\mu},46$) et Wratten n° 25 (longueur d'onde moyenne $0^{\mu},62$).

Observations. — Les mesures ont été faites invariablement sur la région d'Aristarque dont les coordonnées diffèrent de celles du centre de la Lune des valeurs suivantes :

$$\alpha - \alpha_{☾} = +8',00, \qquad \delta - \delta_{☾} = +9',54.$$

[1] B. J. Bok, *Inaugural Dissertat.* Groningue, 1932, p. 43.

J'ai déterminé les coefficients d'absorption de l'atmosphère en combinant deux à deux les mesures faites dans la pénombre pour une même distance au centre de l'ombre ($> 45'$) pendant la phase croissante et la phase décroissante. J'ai obtenu ainsi pour la densité optique de l'atmosphère au zénith les valeurs suivantes :

Bleu $0^{\mu},46$	0,125
Rouge $0^{\mu},62$	0,034

Résultats. — Les résultats sont contenus dans le tableau suivant où γ représente la distance géocentrique au centre de l'ombre, B et R les densités de l'ombre (et de la pénombre) mesurées en bleu et en rouge.

	D. Phase décroissante.			C. Phase croissante.			D—C. Dissymétrie.	
γ.	B.	R.	B—R.	B.	R.	B—R.	B.	R.
32.......	4,60	3,15	1,45	3,97	2,98	0,99	+0,63	+0,17
33.......	4,36	3,01	1,35	3,87	2,91	0,96	+0,49	+0,10
34.......	3,94	2,90	1,04	3,73	2,84	0,89	+0,21	+0,06
35.......	3,69	2,78	0,91	3,55	2,79	0,76	+0,14	−0,01
36.......	3,44	2,67	0,77	3,39	2,74	0,65	+0,05	−0,07
37.......	3,25	2,57	0,68	3,24	2,69	0,55	+0,01	−0,12
38.......	3,08	2,40	0,68	3,09	2,61	0,48	−0,01	−0,21
39.......	2,74	2,20	0,54	2,96	2,52	0,44	−0,22	−0,32
40.......	2,08	1,91	0,17	2,79	2,38	0,41	−0,71	−0,47
41.......	1,70	1,62	0,08	2,56	2,14	0,42	−0,86	−0,52
42.......	1,29	1,24	0,05	1,97	1,69	0,30	−0,70	−0,45
43.......	1,08	1,10	−0,02	1,49	1,26	0,23	−0,41	−0,11
44.......	1,00	0,98	+0,02	1,22	0,99	0,23	−0,22	+0,01
45.......	0,88	0,86	+0,02	0,36	0,81	0,16	−0,12	+0,02
50.......	0,43		−	−	−	−	−	−
55.......	0,24		−	−	−	−	−	−
60.......	0,10		−	−	−	−	−	−
65.......	0,04		−	−	−	−	−	−
70.......	0,00		−	−	−	−	−	−

D'après le tableau, les parties externes de l'ombre étaient plus transparentes pendant la phase décroissante que pendant la phase croissante. Le contraire avait lieu pour les parties internes de l'ombre.

Comme l'a fait remarquer M. Esclangon, au voisinage de l'équinoxe, l'axe de la Terre est sensiblement dans le plan du contour apparent de Terre vue de la Lune [1]. Par suite, différentes régions du contour interviennent dans

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 718.

l'éclairement de la Lune. Dans le cas actuel les régions tempérées et tropicales de l'hémisphère nord interviennent pendant la phase croissante et les régions polaires boréales pendant la phase décroissante. S'il existe une couche absorbante dans la haute atmosphère, son influence sera d'autant plus marquée au bord de l'ombre que son altitude sera plus grande. Les observations pourraient donc s'interpréter en supposant que l'altitude de cette couche est plus grande à l'équateur qu'au pôle. C'est précisément le résultat qu'a obtenu M. Lugeon (¹) pour la couche d'ozone et la couche de Heaviside. Pour cette dernière la différence entre les régions polaires et équatoriales atteindrait 58^{km}.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polydromies des potentiels newtoniens d'une famille de corps homogènes.* Note de M. **Rolin Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Le potentiel newtonien d'un corps homogène limité uniquement par des portions de surfaces planes ou sphériques n'est qu'une branche d'une fonction harmonique multiforme Ψ. *Cette dernière admet une infinité de déterminations qui s'échangent entre elles quand on décrit des lacets autour des arêtes du corps. La fonction* Ψ *n'admet, à part ces lignes de ramification là, que des singularités polaires dans tout l'espace réel.*

Pour le démontrer, envisageons un corps c limité, entre autres, par deux portions de surfaces σ et σ'. Supposons que σ limite également un corps fictif k situé du même côté que c et σ' un corps k'. Soit z la différence entre c et k. On aura, en tout point p extérieur au corps,

$$U_p^c = U_p^k + U_p^z.$$

Les indices supérieurs représentent les corps générateurs du potentiel U. Admettons que l'on puisse écrire, q étant un point qui appartient à ck,

$$U_p^k \text{ prolongé de } p \text{ en } q \text{ au travers de } \sigma = U_q^k + f_q,$$

f étant une fonction analytique et uniforme dans tout l'espace. Admettons que l'on ait également, pour le domaine k' et un point q' de ck',

$$U_p^{k'} \text{ prolongé de } p \text{ en } q' \text{ au travers de } \sigma' = U_{q'}^{k'} + f_{q'}.$$

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 525.

Alors on a, en vertu des équations précédentes,

$$U_p^c \text{ prolongé au travers de } \sigma = U_q^k + f_q + U_q^{\bar{c}} = U_q^c + f_q,$$
$$U_p^c \text{ prolongé au travers de } \sigma' = U_{q'}^{k'} + f_{q'} + U_{q'}^{\bar{c}'} = U_{q'}^c + f_{q'},$$

d'où, en inversant le sens du dernier parcours,

$$U_{q'}^c \text{ prolongé au travers de } \sigma' = U_p^c - f'_p.$$

Le potentiel U_q^c est analytique dans tout le domaine c; il en sera donc de même du potentiel U_p^c prolongé. Dès lors, on peut écrire, une flèche indiquant que l'on prolonge analytiquement le long d'un circuit qui entre dans c par σ et ressort par σ',

$$U_p^c \to U_q^c + f_q \to U_{q'}^c + f_{q'} \to U_p^c + f_p - f'_p,$$

d'où

$$U_p^c \text{ arrivée} - U_p^c \text{ départ} = f_p - f'_p.$$

Or pour une sphère k de rayon a, on a, r étant la distance au centre,

$$U_p^k \text{ prolongé} - U_q^k = \frac{4}{3}\pi\frac{a^3}{r} - 2\pi a^2 + \frac{2}{3}\pi r^2,$$

et, pour une demi-sphère $k/2$ limitée par le plan diamétral $x = 0$, que l'on traverse,

$$U_p^{\frac{k}{2}} \text{ prolongé} - U_q^{\frac{k}{2}} = 2\pi x^2,$$

comme on le montre sans grande difficulté par une application du principe de symétrie de Schwarz. Les seconds membres sont bien analytiques et uniformes dans l'espace entier. Le théorème est donc démontré.

Le potentiel à l'intérieur du corps U_q^c *admet* évidemment *les mêmes polydromies*.

Ainsi, soient d_i et d_j les distances du point argument à deux plans contenant les faces Δ_i et Δ_j d'un polyèdre. Si l'on entre par la face Δ_i pour ressortir par la face Δ_j, la fonction période sera

$$2\pi(d_i^2 - d_j^2).$$

Il résulte des considérations précédentes que les fonctions périodes ne peuvent dépendre que de la forme des portions σ et σ' de la frontière du corps que le circuit traverse et ces portions peuvent être supposées infinitésimales; si l'on ressort par la même surface qu'à l'entrée, la fonction période est nulle. Une autre conséquence se dégage encore : si un corps homogène est

limité par un plan ou une sphère, le potentiel est prolongeable de l'extérieur à l'intérieur du corps au travers de la portion envisagée, et *son prolongement est harmonique dans tout le corps*, à part, éventuellement, un pôle b/r au centre de la sphère.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Méthodes de mesure et d'enregistrement des pressions rapidement variables*. Note (¹) de MM. **A. Labarthe** et **M. Demontvignier**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les dispositifs couramment employés pour relever des variations rapides de pression comme celles qui existent dans les machines thermiques sont de deux sortes :

Les uns fournissent des indications continues, les autres des indications stroboscopiques qui ne sont utilisables que si le phénomène étudié est rigoureusement périodique.

Les uns et les autres, en raison de l'inertie qu'ils présentent, ont une fréquence propre insuffisante qui rend leur emploi impossible dans les moteurs à grande vitesse. En outre, ces dispositifs ont le grave inconvénient d'être sensibles aux vibrations, qu'il s'agisse d'appareils à membranes minces ou d'appareils utilisant une variation de résistance ou la piézo-électricité.

Le dispositif suivant échappe à ces critiques.

Un faisceau de lumière tombe sur une membrane réfléchissante M formant une paroi de l'espace E dont on veut mesurer la pression. Le faisceau réfléchi R tombe sur une cellule photo-électrique P convenablement diaphragmée par la fenêtre F. Le courant photo-électrique donné par la cellule est amplifié par une lampe triode.

Entre les bornes XY du circuit de plaque de celle-ci peuvent être intercalés soit un milliampèremètre, soit une résistance, la tension aux bornes de celle-ci étant étudiée oscillographiquement.

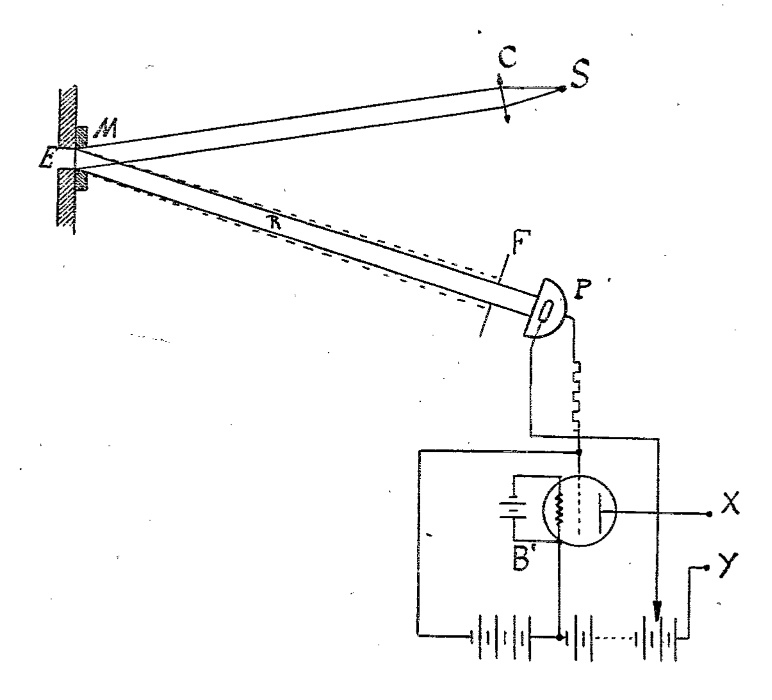
Si l'on utilise des faisceaux lumineux frappant la membrane sous une incidence presque normale, les déformations de la membrane restant petites de manière à ne pas donner de grandes variations de convergence du faisceau refléchi, et si l'on utilise enfin un circuit d'amplification dépourvu de distorsion on obtient une variation linéaire du courant de plaque de la triode ou de la différence du potentiel entre les bornes XY en fonction de la pression du fluide étudié.

Cette méthode est d'une très grande sensibilité, ce qui permet l'emploi de

(¹) Séance du 5 décembre 1932.

membranes épaisses à fréquence propre très élevée, ne venant pas interférer avec celle du phénomène dont on se propose l'étude. La faible surface de la membrane permet sa fixation sur la paroi même de l'enceinte contenant le fluide, ce qui évite toute modification de régime. Ces membranes en raison de leur épaisseur résistent parfaitement à l'action oxydante du fluide évoluant.

Ce dispositif expérimental élimine totalement l'influence des vibrations :



en effet, si la section de la fenêtre F est choisie plus petite que la section du faisceau qu'elle reçoit, celui-ci peut se déplacer librement d'une certaine amplitude sans modifier le flux traversant. La membrane peut être maintenue très facilement à température constante par un courant d'air ou une circulation de fluide quelconque. Le système peut être rigoureusement étalonné pour des pressions constantes et connues. Il n'utilise aucune autre liaison qu'un rayon lumineux avec le système étudié et si ce dernier est mobile (moteurs d'aviation rotatifs) les faisceaux incidents et réfléchis peuvent être émis et renvoyés dans une direction fixe par un jeu de miroirs convenable.

L'application de cette méthode a été faite au relevé du diagramme de

Clapeyron et de la courbe des pressions en fonction du temps sur un moteur à 2 temps donnant 3000 explosions par minute. Dans ce but, on a analysé la tension entre les bornes XY du montage précédent, réunis par une résistance à l'aide d'un oscillographe à rayons cathodiques à 2 paires de plaques déviatrices perpendiculaires; l'une des paires de plaques recevant la tension à étudier, l'autre paire recevant une tension périodique synchrone à l'évolution du fluide variant linéairement en fonction du temps dans chaque période et obtenue à l'aide d'un oscillateur de relaxation. Il est possible, en prenant des harmoniques de cette tension, d'observer et de photographier simultanément différents cycles du phénomène. On a employé également une tension sinusoïdale, synchrone du phénomène étudié. Dans le premier cas, on obtenait la courbe de la variation de pression en fonction du temps; dans le second, le diagramme pression-volume dans l'hypothèse d'une bielle de longueur infinie.

On peut obtenir rigoureusement le diagramme de Clapeyron en employant sur la seconde paire de plaques une tension donnée par un amplificateur de courant photo-électrique donné par une cellule recevant le flux lumineux traversant une fenêtre rectangulaire de largeur variable. La variation de celle-ci est commandée par un système bielle-manivelle homothétique du système employé sur le moteur. Dans les deux cas, il est possible de déphaser cette tension pour faire apparaître les détails de la zone de combustible.

Les courbes peuvent être calquées, photographiées et cinématographiées.

PHYSIQUE. — *Réalisation d'une chambre pour expérimentation à toutes températures sous des pressions permanentes gazeuses ou liquides jusqu'à 15000 kg/cm² avec vision oculaire des phénomènes et enregistrement photographique ou cinématographique*. Note (¹) de M. **James Basset**, présentée par M. Matignon.

Nous avons présenté (²) le matériel que nous avons réalisé pour l'étude des phénomènes sous des pressions permanentes gazeuses ou liquides pouvant atteindre 25000 atmosphères.

Grâce à une subvention de l'Académie des Sciences (Fondation Lou-

(¹) Séance du 5 décembre 1932.

(²) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 344; **191**, 1930, p. 928.

treuil) et d'une subvention de la Caisse des Recherches scientifiques, en vue de recherches sur les propriétés physiques et optiques de la matière,

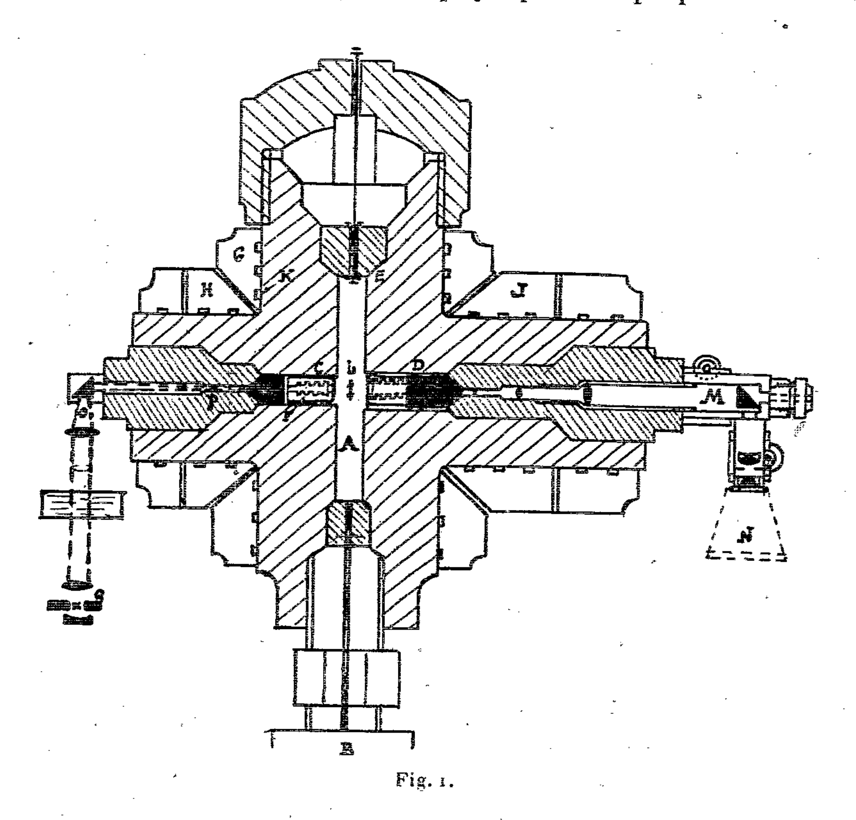


Fig. 1.

aux plus hautes pressions, nous avons réalisé un ensemble expérimental permettant l'éclairage et la vision oculaire des phénomènes qui se passent à l'intérieur des enceintes sons pression, et nous avons construit un matériel répondant entièrement aux conditions à remplir pour une observation commode et variée, et utilisable jusqu'à des pressions de 10000 kg/cm² et exceptionnellement 15000 kg/cm², pendant plusieurs heures.

Le dessin schématique (*fig.* 1) et la photographie (*fig.* 2) montrent l'appareil réalisé.

Une chambre à expériences A reçoit le fluide sous pression d'une presse à ultra-pression B analogue à celles décrites dans une précédente Communication (¹).

(¹) *Loc. cit.*

La chambre A possède 3 orifices C, D, E, pouvant être obturés soit par des bouchons pleins E, porteurs ou non d'électrodes isolées électriquement, soit par des bouchons portant un orifice central libre, obturé par un bloc de verre dur, spécial, parfaitement rodé et maintenu en place par un serrage élastique F. Ces blocs de verre sont facilement remplaçables si leur surface

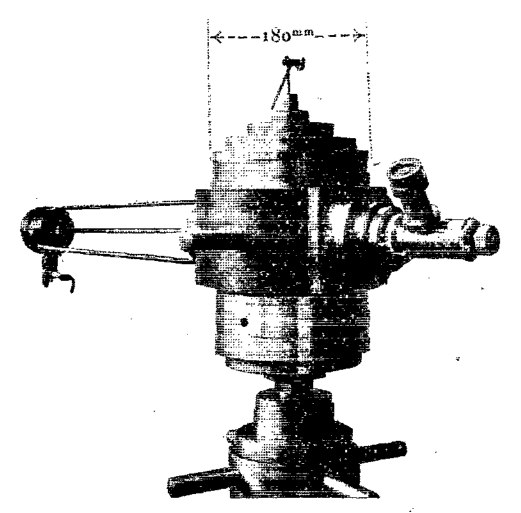


Fig. 2.

intérieure se détériore ou se dépolit. Des frettes telles que G, H, J assurent la solidité mécanique de l'ensemble et permettent une circulation d'eau de refroidissement par les canaux K.

La vision oculaire des phénomènes se passant en L est assurée par un dispositif optique classique figuré en M avec mise au point par crémaillère. Un dispositif auxiliaire N permet l'enregistrement photographique ou cinématographique des phénomènes se passant sous pression en L.

Le grossissement que permet M peut varier de 2 à 120 et pourrait atteindre des valeurs beaucoup plus importantes si nécessaire.

L'éclairement est assuré par un appareil optique O concentrant dans le canal P le flux lumineux d'une source Q.

Le champ de vue utile peut atteindre 8 à 12mm en L.

Nous avons pu réaliser des températures de 1500° dans la chambre A.

La chambre à expériences mesure 20mm de diamètre sur 130mm de long.

L'observation et l'éclairement peuvent se faire indifféremment par les orifices C, D ou E et permettent toutes les combinaisons.

Des dispositifs de sécurité sont ménagés pour éviter tout accident de

personnes en cas de rupture des glaces d'obturation pendant l'observation.

Nous avons donc pu mener à bien la réalisation de cet ensemble, qui présentait des difficultés considérables; il étend, dans de nombreuses directions, le champ des recherches aux très hautes pressions.

CHALEUR. — *La convection naturelle de la chaleur, dans l'air, lorsque les échauffements sont très petits. Comparaison de la valeur limite de la convectance avec la conductance thermique du milieu.* Note (¹) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Cotton.

Lorsqu'un corps chaud est suspendu dans une enceinte close pleine d'air, la propagation de la chaleur dans l'air crée aux différents points des variations de température, donc de densité. Il en résulte des variations locales de pression hydrostatique et par suite, généralement, des mouvements d'ensemble des éléments de volume du fluide, qui entraînent à la paroi la chaleur gagnée au contact du corps chaud. Ce transport molaire de la chaleur qui caractérise la convection est, dans les grandes enceintes, plusieurs fois plus efficace que le transport moléculaire qui produit la conduction.

Boussinesq a formé, à partir des lois de l'hydrodynamique et de l'équation de Fourier, les équations — inextricables — de la convection. Il serait illusoire de séparer dans la convection ce qui provient des mouvements du fluide, et ce qui est dû à la conduction, car sans conduction il n'y aurait pas de convection de chaleur. C'est donc le phénomène complet (moins le rayonnement) de déperdition de chaleur dans un fluide étendu, qu'il faut nommer convection. Certains artifices permettent d'atténuer beaucoup les mouvements d'ensemble, et la convection peut alors se réduire à la conduction, que nous ne pouvons atteindre autrement.

Si nous retranchons brutalement de la déperdition par convection l'effet de conduction calculé en l'absence de mouvements d'ensemble, nous obtenons une différence, dénuée de signification physique, et que nous nommerons convection apparente. C'est à elle que s'appliquent les raisonnements théoriques de différents auteurs, encore qu'ils ne l'aient pas dit, admettant implicitement, et généralement à tort, que la conduction pure est négligeable.

(¹) Séance du 21 novembre 1932.

La théorie fait prévoir que le coefficient de convection apparente (rapport de la puissance dissipée par convection apparente, à l'écart de température) doit varier comme la racine quatrième de cet écart. En effet, les différences de densité, donc de pression, et par suite le tirage, sont proportionnels à l'écart, donc la vitesse d'entraînement résultante sera proportionnelle à sa racine carrée, et le coefficient de convection d'un corps immergé dans un fluide en mouvement étant proportionnel à la racine carrée de sa vitesse, on trouve bien la racine quatrième annoncée. En particulier, le coefficient de convection apparente deviendrait infiniment petit en même temps que l'écart de température.

C'est cette conséquence que nous nous sommes proposé de vérifier.

Le corps chaud était un petit four électrique en argent voisin, par sa forme, d'un ellipsoïde allongé, d'axes 16, 11 et 11^{mm}. Une disposition spéciale a permis d'y noyer, en très bon contact thermique avec lui, un enroulement chauffant en constantan. Il était suspendu dans la partie centrale d'une boîte de cuivre rouge, de 4^{mm} d'épaisseur, de 15^{cm} de longueur sur 10^{cm} de largeur et 10^{cm} de hauteur, rabattue sur une plaque épaisse de cuivre rouge, dressée, et montée sur pieds isolants. On réalisait ainsi un corps chaud de température uniforme, des parois de température uniforme et étanches aux courants d'air chaud.

L'échauffement était compté, non par rapport à l'air, mais par rapport à la paroi, dont la température est beaucoup mieux définie, et s'identifie d'ailleurs, dans le cas des grandes enceintes, avec la température de l'air à l'infini.

Deux fils de couple (cuivre et constantan), soudés séparément, donnaient la température, et du four, et de l'enceinte.

La puissance, dissipée en régime permanent, était mesurée en disposant aux bornes du four, un voltmètre monté en série avec une boîte de résistances étalonnées, réglée pour maintenir toujours l'aiguille du voltmètre sur la même division, ce qui permet de rendre les mesures comparables, avec une grande précision. Le centième à peine de cette puissance correspond au rayonnement thermique, et la perte par les fils de chauffage et les fils de couples est aussi de cet ordre.

L'enceinte etant à 20°, nous avons expérimenté des échauffements θ qui ont varié de 100°, à 0°,5 seulement. Aux échauffements très petits, on a tenu compte des variations survenues dans les conditions expérimentales, qui deviennent importantes. La mesure de ces petites f. e. m. thermoélectriques a été rendue tout à fait sûre en protégeant parfaitement le circuit correspondant, contre les fuites des autres circuits où existaient des f. e. m. incomparablement plus élevées : la méthode, très simple, consiste à ne mettre les fils du circuit à protéger, isolés, en contact avec un corps étranger, que par l'intermédiaire d'une pièce de métal, toutes ces pièces étant connectées métalliquement. Aux plus petits échauffements consi-

dérés, l'erreur de la mesure n'atteignait encore que 2 pour 100. Ces mesures, déjà délicates, deviendraient très difficiles pour des échauffements encore plus petits.

En unités arbitraires, le coefficient de convection a été trouvé suivre la loi, $h = 1 + 0,7x + 0,02x^2$, dans tout l'intervalle considéré, x étant égal à $\theta^{1/4}$. Nous avons par ailleurs calculé, à quelques centièmes près, la conductance thermique de l'espace four-enceinte. Dans ces mêmes unités, nous avons trouvé, non pas 1, mais la valeur notablement plus faible 0,60. *La convection ne tendrait donc pas vers la conduction quand les échauffements tendent vers zéro.*

Il faudrait donc conclure, ou bien que dans les enceintes, même les mieux protégées, l'air a une turbulence naturelle dont les effets se superposent à ceux des courants de convection thermiques; ou bien que la théorie de la convection est insuffisante, et qu'aux échauffements extrêmement faibles, il y a un changement profond dans la loi de la convection.

RADIO-ÉLECTRICITÉ — *Sur le rayonnement du poste radioémetteur de la Tour Eiffel.* Note de M. **Pierre David**, transmise par M. André Blondel.

En raison des nécessités de son service, le poste de la Tour Eiffel emploie, pour ses émissions radiotéléphoniques de jour sur l'onde 1445^m, l'antenne dite moyenne constituée de la manière suivante :

De la plate-forme intermédiaire, placée à 200^m de hauteur, partent trois brins isolés, de 315^m de longueur, qui descendent obliquement vers le Sud-Est sur une distance horizontale de 255^m. Ces trois brins se terminent à 5^m au-dessus du sol et sont réunis pour pénétrer dans le poste souterrain du Champ-de-Mars.

Il résulte de cette disposition que l'antenne rayonne librement dans la direction Sud-Est, tandis que, vers le Nord-Ouest, elle est masquée par la masse de la Tour. On pourrait donc s'attendre que son rayonnement fût maximum dans la première direction et minimum dans la seconde.

Or, une série de mesures de champ, effectuées en France jusqu'à des distances de 700^{km}, de janvier à novembre 1932, a montré qu'il en était tout autrement.

Le rayonnement est presque aussi intense vers le Nord-Ouest que vers le Sud-Est; la hauteur effective de l'antenne semblant être de 100^m et 110^m

respectivement, dans ces deux directions. Par contre, c'est dans la direction *perpendiculaire* que l'on observe un double minimum symétrique très net,

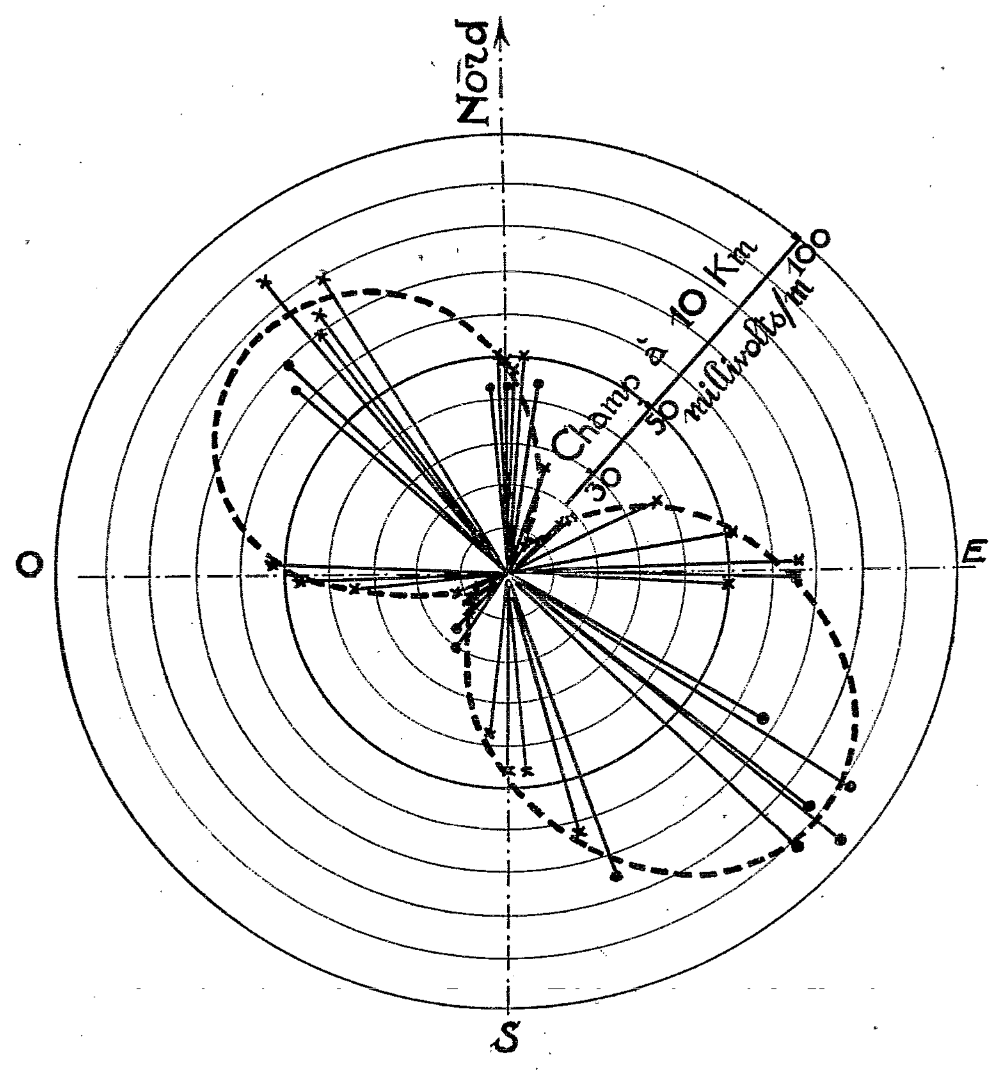


Diagramme du rayonnement de la Tour Eiffel, antenne moyenne, sur l'onde 1445^{m}. (Les mesures effectuées en janvier 1932 sont indiquées par des points ronds; celles effectuées en juillet et octobre, après légères modifications de l'antenne, sont indiquées par des croix.)

dans lequel l'énergie rayonnée se trouve réduite au centième environ : la hauteur effective mesurée vers le Nord-Est ou le Sud-Ouest tombe à 10^{m}.

Le diagramme de rayonnement ressemble donc à celui d'un cadre placé dans le plan antenne-tour.

Ce résultat semble prouver que les parties métalliques de la Tour sont le siège de courants importants, dus au couplage par induction et capacité avec l'antenne. L'ensemble agit alors comme un cadre triangulaire, fermé en haut par capacité, en bas par la terre, jouant le rôle de conducteur. La hauteur effective calculée pour un tel cadre, d'après ses dimensions et pour l'onde 1445^{m}, ressort bien, en effet, à une centaine de mètres.

Cette singularité confirme, dans le cas spécial de la Tour Eiffel dont les dimensions sont importantes, le rôle que peuvent jouer les pylônes métalliques dans le rayonnement des antennes.

RAYONS X. — *Mise en évidence de la diffusion Compton multiple.* Note de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans un ensemble de travaux sur la diffusion de la lumière, j'ai été amené à chercher des preuves spectroscopiques de la diffusion multiple des rayons X avec changement de fréquence.

On sait que pour un rayonnement incident suffisamment dur et un radiateur de nombre atomique faible, un quantum de fréquence ν_0, peut être diffusé par un électron, auquel il cède une partie de son énergie, selon la relation bien connue de Compton-Debye $\nu = \nu_0/1 + \alpha\nu_0/c(1 - \cos\theta)$, où $\alpha = h/mc$ et où θ est l'angle de diffusion. Spectroscopiquement le phénomène se manifeste par une raie dont l'intensité et la largeur varient avec les conditions d'expérience, la longueur d'onde incidente et la nature du diffuseur.

Des considérations simples montrent que pour une direction d'observation fixée (θ), on doit pouvoir obtenir, si l'on se place dans des conditions convenables, outre la raie de diffusion normale et la raie Compton ordinaire, une émission provenant des quanta plusieurs fois diffusés et dont le trajet final se trouve dans cette direction. Pour le cas de deux diffusions successives avec changement de longueur d'onde et $\theta = 90°$, on doit attendre pour la variation totale :

$$\delta\lambda = \frac{h}{mc}[2 - (\alpha + \beta)],$$

si l'on suppose que le rayonnement tombe sur le diffuseur suivant l'axe des x, que l'observation a lieu suivant l'axe des y et que (α, β, γ) sont les

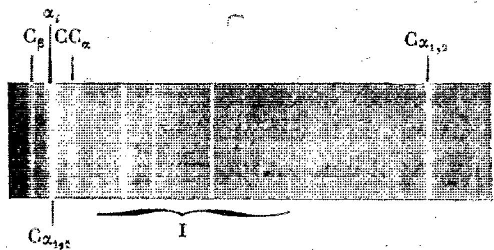
cosinus directeurs de la direction de première diffusion. La double diffusion entraînera donc la formation d'une bande s'étendant entre

$$\delta\lambda = \frac{h}{mc}(2-\sqrt{2}) \quad \text{et} \quad \delta\lambda = \frac{h}{mc}(2+\sqrt{2}).$$

La distribution de l'intensité y sera fonction de la variation énergétique de la diffusion Compton avec l'azimut, de sa proportion dans la diffusion totale, de la forme du diffuseur, etc.

Expérience. — J'ai employé comme rayonnement incident l'émission K du Mo et celle du Rh, excitées sous 45 kilovolts et 15 milliampères; comme diffuseurs la paraffine et le lithium métallique. La distance du diffuseur à l'anticathode environ 20^{cm}, et au film photographique 35^{cm}.

J'ai utilisé le spectrographe à mica courbe par transmission [1] (rayon 20^{cm}), tout indiqué pour ce genre de recherches vu sa grande luminosité.



C_β, diffusion Compton excitée par β; $C\alpha_{1,2}$, raie de diffusion Compton excitée par $\alpha_{1,2}$; CC_α, bande de diffusion due à une double diffusion Compton; I, spectre de référence; $C\alpha_{1,2}$, raie de diffusion Compton parue dans un ordre supérieur.

Les diffuseurs étaient des blocs prismatiques épais disposés de manière à offrir au faisceau incident le maximum de volume, et à ce que la plus grande quantité possible de matière diffusante envoie son rayonnement sur le spectrographe suivant la direction convenable. Les temps de pose ont varié entre 6 heures et 35 heures. Dans les conditions de l'expérience, en moins d'une heure le spectre de la lumière monodiffusée est très suffisamment posé. Après 6 heures de pose, on repère déjà très bien, outre les raies Compton monodiffusées dues aux groupes de raies $K\alpha$ et $K\beta$ dans plusieurs ordres successifs (et les deux doublets de la diffusion normale pour le cas de la paraffine), *une bande présentant une crête assez nette vers les grandes ondes que j'ai identifiée comme due, en majeure partie, à la diffusion double avec changement de fréquence.*

(1) Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, 7e série, 3, 1932, p. 320-336.

C'est la première fois, à ma connaissance, que l'on a mis en évidence spectroscopiquement la diffusion multiple avec changement de fréquence.

Pour la paraffine et MoK, cette bande est plus faible que pour le lithium métallique et RhK, et la distribution de l'intensité y est légèrement différente. Ceci s'explique immédiatement si l'on considère que dans ce dernier cas le rayonnement modifié est prépondérant et que par suite, dans la diffusion double, à chaque changement de direction le quantum perd presque toujours de son énergie.

Voici les longueurs d'onde des bandes pour deux des clichés obtenus :

	θ.	C_β.	$C\alpha_1\alpha_2$.	$CC\alpha_{12}$.
MoK sur paraffine...........	92°	656,5 u. x.	733 u. x.	Max. à 785 u. x.
RhK sur Li métallique.......	92°	570	637,8	Crête à 700.68

On dispose actuellement de trop peu de renseignements précis sur les lois de la diffusion avec l'azimut pour prévoir avec certitude la distribution de l'intensité le long de ces bandes de diffusion double.

Du Mond (¹) a fait un calcul théorique pour la diffusion secondaire dans le cas d'une sphère diffusante et en admettant la loi de Thomson avec les corrections de Breit pour la répartition de la diffusion dans l'espace. Des recherches en cours me permettront peut-être de décider de la validité des hypothèses faites et des lois admises dans le calcul.

La diffusion Compton double est très certainement assez importante pour qu'il faille en tenir compte dans bien des cas (détermination de σ, etc.). Elle doit intervenir comme facteur dépolarisant dans la lumière diffusée.

OPTIQUE. — *Emploi du colorimètre Duboscq pour la définition des couleurs par analyse dans les différentes régions du spectre.* Note (²) de MM. **Paul Woog** et **René Sigwalt**, présentée par M. Brillouin.

La définition des couleurs, opération délicate, ne peut s'effectuer correctement qu'au moyen de spectrophotocolorimètres. Ces appareils coûteux n'étant pas à la disposition de tous les laboratoires, il a été proposé des méthodes simplifiées permettant de tracer des courbes à l'aide de points repérés dans les différentes régions du spectre; les mesures s'effectuent alors par photométrie optique ou par cellules photosensibles.

(¹) Du Mond, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 1685.

(²) Séance du 5 décembre 1932.

Pour l'exécution de telles mesures simplifiées, le colorimètre Duboscq, convenablement aménagé, nous a permis d'obtenir d'excellents résultats.

Le liquide à étudier, introduit dans l'une des cuves de l'appareil, est examiné sous une épaisseur déterminée, fonction de la transparence du liquide. Dans l'autre cuve, on verse une liqueur gris neutre étalonnée. Puis on fait défiler dans l'oculaire une série d'écrans sélecteurs limitant une région déterminée du spectre, et pour chacun de ces écrans, on réalise l'égalité de la transmission des deux liquides en faisant varier, par la manœuvre du piston, la transmission du liquide gris neutre.

Les écrans sélecteurs sont montés dans un barillet qui les interpose dans l'axe de l'oculaire, entre ce dernier et les prismes. Nous avons employé les écrans suivants, série qui pourrait être complétée par les écrans marqués d'un astérisque :

N° des écrans.	Écrans Wratten.	Longueurs d'onde transmises en angström.	Longueur d'onde dominante.	Couleur.
0.	Ouverture libre	»	»	»
1.	D.35 + H.45	4200-4600	4500	Violet
2.	C.49 + H.45	4200-5100	4800	Bleu
2*.	B.58 + C.49	4600-5100	5050	Bleu-Vert
3.	B.58 + H.45	4600-5400	5200	Vert-Bleu
4.	G.15 + H.45	5100-5400	5350	Vert
4*.	B.58 + G.15	5100-6000	5500	Vert-Jaune
5.	B.58 + E.22	5600-6000	5750	Jaune-Vert
5*.	A.25	5800-7000	6250	Orange-Rouge
6.	F.29	6100-7000	6500	Rouge
7.	A.25 + D.35	6400-7000	6750	Rouge foncé

Le liquide gris neutre peut être réalisé par une solution ou une suspension. Différentes formules ont déjà été proposées pour d'autres buts (Goldberg, von Hübl, etc.). Nous avons employé une suspension de graphite (graphite pour aquarelle Bourgeois) dans l'eau contenant 4 pour 1000 de silicate de soude (stabilisant) et additionnée, après décantation au bout d'un repos de 15 jours, d'un peu de thymol ou de chloroforme (antiseptique). Voici le degré de neutralité de la liqueur par rapport à l'écran étalon Wratten :

Ecran.	Colonne gris neutre. Hauteur.	Colonne gris neutre. Transmission.	Transmission donnée de l'écran étalon.
	mm	%	%
1	59	9,56	7,96
2	59	9,56	7,43
3	64	7,84	7,23
4	64	7,84	7,70
5	65	7,53	8,12
6	66	7,24	6,93
7	65	7,53	7,28

Pour étalonner la liqueur gris neutre, on interpose sur le trajet de l'un des faisceaux lumineux l'écran Wratten n° 96 monté entre lames à faces parallèles, tandis que l'on dispose sur l'autre faisceau un écran compensateur formé d'une feuille de gélatine incolore Wratten n° 0 également montée entre lames à faces parallèles. L'écran gris n° 96, montrant une transmission moyenne de 7,53 pour 100, moyenne des transmissions indiquées par Wratten aux diverses longueurs d'onde, possède une densité moyenne calculée de 1,123 ($d = \log 1/\text{transmission}$). La liqueur gris neutre doit réaliser l'égalité des plages pour des hauteurs de liquide comprises entre 60 et 70^{mm}, concentration qui donne une bonne sensibilité aux mesures. La transmission de la liqueur, pour des épaisseurs croissantes, est calculée de millimètre en millimètre par la formule suivante : $\log 1/x = 1{,}123\, n/m$, où n = hauteur de la colonne liquide gris neutre en millimètres; m = hauteur de la colonne liquide gris neutre équivalent à l'écran 96; 1,123 = densité moyenne de l'écran Wratten n° 96; x = transmission de n millimètres de liquide gris neutre.

Voici, à titre d'exemple, l'application de la méthode à l'examen de solutions colorées de concentrations connues :

Solution aqueuse de $K^2Cr^2O^7$.

	Solution n°	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Sel (gr./l.)	20.	$\frac{20}{2}$.	$\frac{20}{3}$.	$\frac{20}{4}$.	$\frac{20}{6}$.	$\frac{20}{8}$.	$\frac{20}{12}$.	$\frac{20}{16}$.	$\frac{20}{24}$.	$\frac{20}{32}$.
20^{mm}	Écran n° 1	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	110	87
	» 2	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	150	120	78	62
	» 3	125	84	66	53	41	33	22	18	11	6
	» 4	78	45	34	26	16	12	7	4	1	0
	» 5	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	» 6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	» 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120^{mm}	Écran n° 1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	» 2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	» 3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Solution aqueuse de $K^2Cr^2O^7$ (suite).

		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
	Sel (gr./l.).......	$\frac{20}{48}$.	$\frac{20}{64}$.	$\frac{20}{96}$.	$\frac{20}{128}$.	$\frac{20}{192}$.	$\frac{20}{256}$.	$\frac{20}{384}$.	$\frac{20}{512}$.	$\frac{20}{768}$.	$\frac{20}{1024}$.
20mm	Écran n° 1.....	55	42	26	20	12	8	5	3	2	0
	» 2.....	38	27	20	13	7	4	3	2	0	0
	» 3.....	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	» 4.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	» 5.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	» 6.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	» 7.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120mm	Écran n° 1.....	–	–	–	–	64	42	26	18	11	5
	» 2.....	–	–	–	–	32	21	14	7	2	1
	» 3.....	–	–	–	–	0	0	0	0	0	0

(Header row: Solution n°......)

Les nombres ci-dessus indiquent en millimètres la couche de liquide gris neutre donnant la même transmission que la solution étudiée. Ext. = Extinction.

OPTIQUE. — *Étude d'une bande* OH *du phénol dans le proche infrarouge.* Note de M. **A. Naherniac**, présentée par M. A. Cotton.

Après avoir vérifié les résultats de Collins [1] sur la bande OH ($\lambda = 0^{\mu},97$) de l'eau (qui se déplace et augmente d'intensité quand la température s'élève), j'ai étudié la bande OH du phénol au voisinage de $\lambda = 0^{\mu},97$ à l'aide du spectromètre à cellule photorésistante décrit par M. Freymann [2]. Pour cette bande j'ai fait les recherches suivantes en me bornant dans chaque cas à faire des mesures pour une épaisseur constante :

I. *Phénol pur, fondu, à diverses températures.* — Le phénol à l'état pur et fondu a une bande OH large et asymétrique (on ne saurait dire si elle est double). Lorsqu'on élève la température de la substance de 63° à 140° la bande augmente d'intensité et se déplace vers les courtes longueurs d'onde d'environ 77 Å ; son maximum va de $\lambda = 9853$ Å à $\lambda = 9776$ Å.

II. *Phénol dissous dans* CCl^4 (*dissolvant sans moment électrique et sans doubles liaisons*). — *a.* A différentes concentrations :

Alors que la bande OH des alcools saturés est simple [3], j'ai trouvé que la bande OH du phénol présente deux composantes : les maxima sont pour l'une A à 9728 Å et pour l'autre B à 9892 Å.

(1) I. R. Collins, *Phys. Rev.*, 26, 1925, p. 771.

(2) R. Freymann, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 565.

(3) R. Freymann, *Comptes rendus*, 193 1931, p. 982.

La bande A devient plus intense et se déplace vers les courtes longueurs d'onde lorsqu'on dilue une solution concentrée (par exemple à 50 pour 100) de phénol dans CCl^4. En diluant (concentration variant de 50 pour 100 à 1 pour 100), la bande se déplace de $\lambda = 9728$ Å jusqu'à $\lambda = 9684$ Å, soit d'environ 44 Å. Lorsqu'on dépasse une certaine dilution la bande A diminue bien entendu d'intensité.

La bande B décroît d'intensité alors que A croît, elle se réduit bien vite sur les courbes à un point d'inflexion et disparaît presque complètement pour une concentration de 10 pour 100. On ne peut, par suite, observer si cette bande B se déplace ou non.

b. A différentes températures :

L'effet de la température sur les solutions de phénol dans CCl^4 a été étudié pour les concentrations de 50 pour 100, 30 pour 100, 10 pour 100 et 1 pour 100. L'élévation de la température a un effet semblable à celui qu'amène la dilution. La bande A croît d'intensité beaucoup plus que la bande plus faible B et il faut noter que celle-ci se resserre du côté des grandes longueurs d'onde.

III. *Phénol dissous dans le benzène* (*moment électrique nul, trois doubles liaisons*). — *a*. A différentes concentrations :

En solution dans le benzène, les deux bandes sont moins bien séparées que dans CCl^4. Par dilution les deux bandes persistent en conservant à peu près la même intensité relative jusqu'à une concentration faible (moins que 1 pour 100).

b. A différentes températures :

L'effet de la température est dans ce cas moins visible ; il semble que la bande A augmente plus d'intensité que la bande B. On ne saurait dire si les deux composantes se déplacent.

IV. J'ai ajouté successivement à des solutions de phénol dans CCl^4 de concentration 10 pour 100 (où la bande B n'existe pas), différentes substances qui contiennent ou non des doubles liaisons dans leur molécule. Ainsi j'ai ajouté du benzène et du naphtalène et le résultat de cette addition a été l'apparition de B. Pour la même quantité de C^6H^6 ou $C^{10}H^8$ ajoutée, la bande B est mieux marquée dans le cas du naphtalène.

En ajoutant des composés qui ne contiennent pas de doubles liaisons (cyclohexane et décahydronaphtalène) la bande B n'apparaît pas quoique la quantité ajoutée soit toujours la même que dans le cas précédent.

RAYONNEMENT. — *Radiateur intégral (corps noir) en carbone chauffé électriquement.* Note de **M. T. N. Panay**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le carbone est un corps particulièrement intéressant à utiliser comme radiateur intégral à cause de certaines de ses propriétés. Je l'ai employé dans un tel appareil dont je donne ici une description très succincte.

Le corps noir est un cylindre creux en carbone de 4^{mm} de diamètre extérieur et 2^{mm} de diamètre intérieur, de 20^{mm} de longueur et présentant au

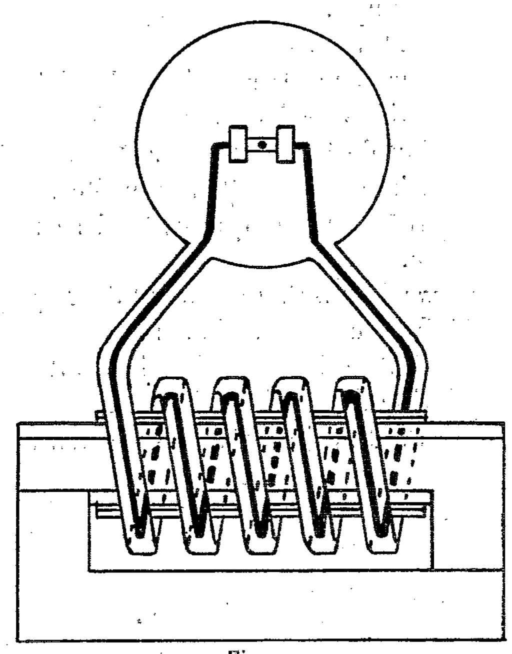


Fig. 1.

milieu de sa surface cylindrique un orifice circulaire de 1^{mm} de diamètre d'où sort le rayonnement. Il est placé, entre deux électrodes de carbone, au centre d'une ampoule sphérique en verre pyrex, de 25^{cm} de diamètre, comme on le voit dans la figure 1 qui donne simplement un schéma de l'appareil sans détails.

Pour obtenir une température satisfaisante, il faut une puissance de quelques kilowatts, qui, par suite des propriétés physiques du carbone, doit être fournie au corps noir au régime de quelques centaines d'ampères, et par conséquent, par un conducteur de section importante. J'ai calculé

cet appareil pour une puissance maxima de 5 kilowatts avec 500 ampères amenés par un conducteur de cuivre de 65$^{mm^2}$ de section. A ce point se présente une difficulté sérieuse, car il n'est pas aisé d'introduire des courants aussi intenses dans l'ampoule par les moyens usuels. Pour surmonter cette difficulté j'ai imaginé le dispositif suivant qui a rendu l'appareil possible. Le conducteur ne traverse pas les parois de l'ampoule. Un tube en

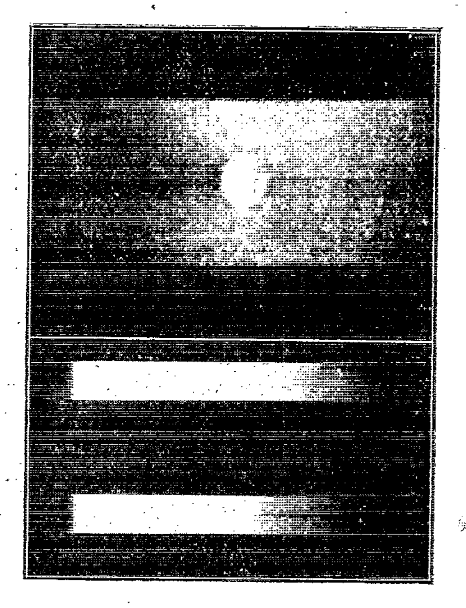


Fig. 2.

verre pyrex est soudé par ses bouts à l'ampoule. Ce tube affecte une forme hélicoïdale comme on le voit sur la figure 1 et contient un conducteur formé d'une tresse souple de cuivre, ce conducteur suivant dans le tube la même forme hélicoïdale, et ses bornes étant reliées aux électrodes de carbone. Ce conducteur est représenté par le gros trait dans la figure. La partie hélicoïdale du tube comporte cinq spires contenant cinq spires du conducteur qui constituent le circuit secondaire d'un transformateur dont le primaire et la branche du noyau de fer qui le porte sont placés à l'intérieur de l'hélice.

Le rayonnement utilisé aux mesures est reçu à travers une fenêtre en quartz soudée sur un rodage conique en quartz opaque qui s'applique à une tubulure soudée à l'ampoule.

Quand l'appareil fonctionne on fait circuler un courant d'argon dans

l'ampoule. Des expériences sont faites actuellement avec l'appareil à des températures de l'ordre de 2400° K. La figure 2 donne une photographie agrandie du corps noir en fonctionnement à la température de 1600° K. et deux photographies du spectre du rayonnement à la température de 2200° K.; à cette température le courant à travers le corps noir est environ 100 ampères. Sur le spectre inférieur est superposé le spectre de l'arc au mercure.

L'appareil est monté dans une boîte en tôle munie de roues et de vis de réglage. La section du noyau du transformateur est d'un décimètre carré ; le primaire est constitué de 45 spires de câble souple de 40^{mm^2} de section. Le tube de verre dont l'hélice est faite est de 4^{cm} de diamètre. Le transformateur et le tube hélicoïdal sont immergés dans de l'huile.

Une deuxième ampoule, de 30^{cm} de diamètre, est faite pour le même appareil; elle est destinée à des expériences dans le vide et où l'on aurait à avoir fréquemment accès dans l'intérieur de l'ampoule; elle se prête aisément à cette manœuvre car elle est faite en deux parties reliées par rodages plans.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur la confirmation de l'existence d'un nouveau phénomène photoélectrique.* Note de M. **Q. Majorana**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai repris l'étude du phénomène que j'ai décrit dans une Note précédente ([1]), et qui est présenté par des pellicules ou lames minces métalliques sur lesquelles on fait tomber un faisceau intense de lumière interrompu périodiquement.

La résistance électrique de ces lames augmente sous l'action de la lumière. J'avais signalé qu'on était conduit à attribuer ce phénomène à une action directe de la lumière, car il me semblait, du moins, difficile de l'expliquer par un simple réchauffement dû à l'absorption de l'énergie lumineuse.

Les dernières recherches que j'ai effectuées en utilisant plusieurs méthodes m'ont permis de reconnaître l'exactitude de cette conclusion.

J'ai expérimenté cette fois seulement avec des verres platinés, qui peuvent résister très bien et longtemps aux différentes opérations de caractère mécanique, thermique et électrique nécessaires dans ces recherches.

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 226. Dans cette Note il faut lire $\mu\mu$ au lieu de μ.

Je me suis occupé avant tout de déterminer avec la plus grande précision la différence de phase qui peut se produire entre la variation périodique de résistance électrique de la lame et la lumière pulsante.

Je rappelle que cette étude se fait en se servant d'un jet de mercure dont la longueur est variable avec la période même de la lumière. Cette mesure donne pour φ des valeurs différentes, quand on modifie les conditions superficielles de la lame métallique et la fréquence d'interruption du rayon lumineux. Si la lame est bien polie et brillante, φ a une valeur sensiblement égale à zéro pour des fréquences de l'ordre de 600 à 700 périodes par seconde. Si la fréquence baisse, jusqu'à 300, φ augmente, jusqu'à 45° environ. Si la lame est enfumée φ est toujours très sensiblement égal à 45°, même pour les hautes fréquences. Si enfin la lame est noyée dans l'eau, notamment si celle-ci est en mouvement, φ est toujours nul. Il est facile de comprendre que cette annulation de la phase doit correspondre à une action de la lumière très prompte, analogue aux nombreux effets électroptiques déjà connus, mais de nature bien différente. J'ajoute que ces expériences ont été accomplies en se servant soit de la lampe à mercure, soit de celle à incandescence.

Une autre série d'expériences a été exécutée en envoyant le courant alternatif qui permet ordinairement d'écouter le son au téléphone (après amplification), dans un appareil de mesure. On se sert cette fois de la lumière intense de la lampe à incandescence, car celle de l'arc à mercure est insuffisante pour provoquer une déviation sensible. Ce courant est de l'ordre du milliampère. On détermine les courbes caractéristiques de ce courant (lorsque la fréquence d'interruption de la lumière varie de 300 à 700) pour la lame dans les différentes conditions indiquées plus haut. Pour la lame polie la caractéristique est un peu plus saillante, lorsque la fréquence augmente; pour la lame enfumée elle tombe rapidement, aux plus hautes fréquences; pour la lame dans l'eau la caractéristique monte un peu plus rapidement que dans le premier cas.

Toutes ces expériences doivent être interprétées par la coexistence de deux phénomènes thermique et photoélectrique.

Le premier se manifeste exclusivement dans le cas de la lame enfumée ; le second pour la lame dans l'eau, notamment si l'eau est en mouvement. La lame polie donne lieu à la fois aux deux phénomènes.

J'ai pu enfin confirmer ces conclusions par la mesure directe de la résistance de la lame, lorsque celle-ci est frappée par la lumière.

Naturellement il ne serait pas possible d'exécuter une mesure de ce genre

si on laissait la lame à l'air, car sa température s'élèverait continuellement à cause de la grande intensité de l'éclairement (plusieurs millions de lux). J'ai donc expérimenté avec la lame plongée dans de l'eau animée de vitesses qui ont varié entre 1 et 16 mètres par seconde. On détermine alors la variation relative de résistance qu'on observe par l'arrivée de la lumière sur la lame. Cette variation $\Delta R/R$ va de 4 à 1,6 dix-millièmes, pour les vitesses précédentes de l'eau et lorsque la source est la lampe à incandescence. On trouve dans le cas de l'arc au mercure des valeurs environ dix fois plus petites.

Les courbes qu'on peut tracer d'après ces déterminations ont comme asymptotes des droites parallèles à l'axe des vitesses. Les distances de ces asymptotes à cet axe représentent les valeurs limites de la grandeur $\Delta R/R$, qui correspond à la variation de résistance (un accroissement) de la lame dans le cas de l'effet photo-électrique pur. Ces valeurs sont, respectivement, pour la lampe à incandescence et pour celle à mercure et dans les conditions de mes expériences 0,00016 et 0,000011.

On constate une coïncidence frappante entre ces grandeurs et celles qu'on peut déduire, comme on l'a vu dans la Note citée de la compensation de la variation de résistance de la lame par celle d'un jet de mercure convenablement shunté.

Il semble donc qu'on puisse définitivement affirmer l'existence de ce nouveau phénomène photoélectrique, du moins pour les lames de platine déposées sur verre. Ce phénomène se manifeste, avec une loi à étudier, pour toutes les fréquences du spectre des sources employées.

Je me réserve d'étudier plus attentivement, comme je l'ai fait pour le platine, d'autres métaux.

PHOTOGRAPHIE. — *Action d'un révélateur sur des images latentes d'âges différents*. Note de M. C. **Jausseran**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une série de recherches sur l'évolution de l'image latente E. R. Bullock [1] a vérifié les résultats que j'avais publiés [2] et a cherché à mettre en évidence l'influence de divers facteurs sur ce phénomène. Il a étudié notamment l'effet de la durée du développement sur la différence des den-

---

(1) E. R. Bullock, *Sciences et Industries photographiques*, 1, 1930, p. 124, 169, 321 et 336; 3, 1932, p. 201 et 241.

(2) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 783, et *Revue d'Optique*, 8, 1929, p. 119.

sités optiques de deux plages obtenues, après développement et fixage, à partir d'images latentes d'âges différents.

J'ai repris cette étude sur plaques Jougla grands instantanés et, comme dans mes recherches précédentes, j'ai considéré tout l'ensemble de la courbe de graduation.

L'effet de la durée du développement pour un révélateur au métol est très complexe et ne se traduit bien que par l'allure de la déformation des courbes de noircissement. Au point de vue des applications photométriques, il est surtout intéressant de connaître l'erreur qu'on peut commettre en rapportant une impression récente à une courbe de graduation obtenue par une exposition antérieure.

Le tableau suivant donne, pour diverses durées de développement, les erreurs relatives qui résultent de l'évolution de l'image latente pour des éclairements en progression géométrique de raison 1,6, qui donnent, avec le développement de six minutes, les densités indiquées dans la dernière ligne du tableau. L'impression de la courbe de graduation avait eu lieu 9 heures avant celle de la plage à mesurer et leur développement commun suivait cette dernière de 32 secondes.

Développement.	Erreurs relatives dans la mesure d'un éclairement.						
2 minutes	0,13	0,20	0,26	0,31	0,28	0,28	0,26
3 »	0,07	0,17	0,22	0,22	0,26	0,31	
6 »	0,09	0,15	0,17	0,24	0,31	0,34	0,32
12 »	0,02	0,06	0,09	0,15	0,17	0,20	0,20
Densités	0,24	0,61	0,99	1,44	1,85	2,20	2,48

On voit que, d'une façon générale, l'erreur diminue à mesure que croît la durée de développement.

On a donc intérêt, au point de vue des applications photométriques, à développer longtemps; ce qui, de plus, accroît la précision par suite de la grande valeur acquise par le coefficient de contraste.

Les résultats de l'étude précédente ont d'ailleurs une signification plus profonde : ils obligent à admettre que l'image latente ne correspond pas, en général, à un état défini de la couche sensible. En effet, deux impressions d'âges et d'éclairements différents peuvent produire la même densité avec une certaine durée de développement et des densités différentes pour une autre durée. Autrement dit, l'évolution de l'image latente ne correspond pas à une variation de la quantité de lumière reçue, ce qui découle par ailleurs du fait que cette évolution se traduit par une déformation de la courbe de

noircissement et non une simple translation de cette courbe parallèlement à l'axe des éclairements.

Dans ces conditions, j'ai pensé que deux révélateurs pourraient manifester d'une manière très différente l'évolution de l'image latente. Pour m'en assurer, j'ai utilisé deux bains contenant, comme agents actifs, l'un seulement de l'hydroquinone à 10^{g} par litre, l'autre seulement du métol à la même concentration massique. J'ai toujours constaté que l'évolution est beaucoup moins manifeste avec les bains à l'hydroquinone. Comme pour le métol, on diminue beaucoup l'importance du phénomène en développant plus de 10 minutes. Le coefficient de constraste est alors analogue à celui donné par un révélateur au métol pendant la même durée. L'adjonction d'un peu de bromure de potassium permet d'éviter le voile chimique consécutif aux longs développements sans altérer d'ailleurs l'allure de l'évolution.

Le tableau suivant montre, pour deux poses âgées respectivement de 4 heures 36 minutes et 18 secondes au moment du développement la faiblesse apparente de l'évolution pour un bain à l'hydroquinone agissant 12 minutes. Les deux premières lignes donnent les densités des deux poses, la troisième les erreurs relatives que l'on ferait sur l'éclairement en rapportant les plages de la pose récente à la courbe de graduation de la pose ancienne. Une quatrième ligne indique les erreurs correspondantes en utilisant un cliché obtenu simultanément, dans des conditions identiques, mais développé 4 minutes dans un bain au métol.

Développement.	Age.	Densités.							
Hydroquinone 12 minutes.	4 h. 36 min.	0,50	0,85	1,30	1,78	2,20	2,56	2,80	3,06
	18 sec.	0,50	0.85	1,26	1,78	2,18	2,55	2,78	3,05
		Erreurs relatives sur l'éclairement.							
Hydroquinone..	12 minutes	0	0	0,05	0	0,02	0,02	0,02	
Métol	4 minutes	0,15	0,20	0,22	0,24	0,24	0,26	0,22	

En résumé, du point de vue de la photométrie photographique, le révélateur à l'hydroquinone permet de faire des mesures correctes sur une plaque ayant été impressionnée à des dates différant de plusieurs heures, même en développant très peu de temps après la dernière pose; il suffit de développer la plaque assez longtemps. Le révélateur au métol permettrait sans doute avec une durée de développement encore plus longue d'arriver au même résultat, mais il produit un voile chimique bien plus important qui rendrait les mesures pénibles et risquerait d'altérer la loi du noircissement.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse de* NH^3 *liquéfié sec.*
Note de MM. **R. Coustal** et **H. Spindler**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait depuis 1900 [1] que l'ammoniac liquide conduit légèrement le courant électrique, même lorsqu'il s'agit d'ammoniac très soigneusement desséché.

On ne peut donc pas parler d'une ionisation de NH^4OH en NH^{4+} et OH^-.

On a suggéré que N^2H^6 s'ioniserait en NH^{4+} et NH^{2-}.

Il est possible également que la dissociation soit plus profonde et qu'il y ait formation d'ions NH et H.

Nous avons repris cette étude en utilisant des électrodes variées (cuivre, argent, or, platine, fer, nickel, molybdène, tungstène, tellure, antimoine, graphite, nickel-chrome) et des différences de potentiel allant de 2 volts à 8000 volts.

Le gaz ammoniac était desséché avant d'être liquéfié; pour cela, on le faisait passer dans un tube de $1^m,50$, contenant sur une moitié de sa longueur, de la chaux sodée, puis sur 30^{cm} de la potasse, puis, sur le reste de la longueur du tube, un mélange CuO, K^2O provenant de la calcination d'un mélange de Cu en poudre et de NO^3K.

Il ne semble pas y avoir une force contre-électromotrice unique bien définie, et l'on ne peut pas appliquer la loi d'Ohm : en particulier, l'intensité du courant croît beaucoup moins vite que la différence de potentiel qui le provoque.

Tandis que d'une façon générale, la cathode est modérément attaquée et se recouvre d'un dépôt noir, des anodes de Cu, Ag, Au, sont, sous l'action d'un courant de quelques milliampères, et en moins d'une heure, réduites en une poudre fine. L'énergie de cette attaque est tout à fait surprenante.

La poudre obtenue, chauffée, libère une grande quantité d'ammoniac et restitue le métal de l'électrode.

On obtient une action analogue avec une anode de graphite. Les anodes de Pt, Fe, Mo, W, Te, Sb, nickel-chrome, résistent mieux et se recouvrent d'une pellicule jaune, constituée vraisemblablement par des ammoniacates métalliques.

Le nickel se recouvre d'une substance blanche devenant violette par

---

(1) Frenzel, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 6, 1900, p. 485-489.

hydratation. Cette substance, traitée par l'acide nitrique donne un produit plastique, jaune d'or, résistant à HCl et SO^4H^2, mais soluble dans l'eau régale. Chauffée au-dessus de 300°, cette substance se décompose en laissant un petit résidu de nickel métallique.

L'analyse de ces produits et l'étude plus approfondie de leur nature sont en cours.

ATOMISTIQUE. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note de MM. **Georges Fournier** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous a vérifié expérimentalement [1] que les coefficients massiques d'absorption du rayonnement β de Ra(D + E), dans les corps simples à numéro atomique Z inférieur à 50, pouvaient être mis sous la forme

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0,142.Z. \tag{1}$$

Pour étudier l'absorption dans les éléments à numéro atomique supérieur à 50, il devient nécessaire d'utiliser une source de RaE exempte de RaD, et par suite n'émettant que du rayonnement β à l'exclusion de rayonnement γ. En effet, le rayonnement γ du RaD produit, dans le cas des absorbants lourds et de la source de Ra(D + E), un relèvement final de la courbe logarithmique d'absorption rendant impossible la détermination du coefficient μ/ρ [ce relèvement se produit d'ailleurs également avec les absorbants légers lorsqu'on augmente considérablement la masse superficielle des écrans traversés [2]].

A l'aide d'une source de RaE (ne contenant qu'une très petite quantité de RaD) nous avons pu mesurer les coefficients d'absorption du platine et du plomb. Voici les résultats obtenus :

Absorbant.	Numéro atomique Z.	Coefficient μ/ρ calculé par la formule (1).	Coefficient μ/ρ observé.	Écart environ (pour 100).
Platine..............	78	26,08	25,8	1
Plomb..............	82	26,64	26,4	0,7

Nous remarquerons que la présence d'un résidu de RaD dans la source utilisée peut vraisemblablement expliquer que l'on trouve des coefficients

(1) G. Fournier, *Thèse*, Paris, 1927 (Masson, éditeur).
(2) G. Fournier et M. Guillot, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1079.

légèrement trop faibles. En conséquence, nous considérons comme légitime l'extension de la relation (1) à tous les éléments, réserve faite en ce qui concerne l'augmentation du coefficient due à l'effet de certaine liaisons entre atomes [1].

Nous avons également vérifié avec une source de Ra E, en employant le cuivre comme absorbant, que la courbe logarithmique d'absorption reste rectiligne même si l'on augmente considérablement la masse superficielle des écrans traversés. Dans notre expérience l'intensité initiale a été réduite par absorption dans la proportion 10000 à 1. Nous n'avons pas observé la concavité finale tournée vers le bas signalée par certains auteurs.

Rappelons que dans les courbes d'absorption relatives à une source d'uranium X (n'émettant également que du rayonnement β), l'un de nous (*loc. cit.*) n'a également observé ni relèvement, ni abaissement final.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perfectionnements à l'électrode d'hydrogène pour la mesure de la concentration en ions hydrogène des solutions.* Note de M. **P. Lecomte du Noüy**, présentée par M. Roux.

Nous avons publié [2] la description d'une nouvelle méthode basée sur l'emploi d'une électrode rotative inclinée pour la mesure du pH des solutions. Cette méthode présente l'avantage de ne nécessiter qu'une faible quantité de liquide ($0^{cm^3},4$), un faible volume d'hydrogène (de l'ordre de $0^{cm^3},05$) et permet d'atteindre la valeur d'équilibre en un temps très court (de 5 à 10 minutes).

Mais, comme pour toutes les électrodes d'hydrogène en platine, il était nécessaire de platiner et d'hydrogéner l'électrode proprement dite. Ces opérations, bien que très simples, demandent un certain temps et un certain soin. De plus, les électrodes platinées présentent le grave inconvénient de s'empoisonner au contact de certaines substances, les protéines en particulier, ce qui entraîne la nécessité d'un nettoyage, d'un replatinage et d'une réhydrogénation au bout de trois ou quatre mesures. Nous avons cherché à éliminer à la fois l'empoisonnement et le platinage.

Comme l'empoisonnement est dû au fait que la mince couche de noir de platine, qui possède au début un pouvoir adsorbant considérable à cause

---

(1) G. Fournier et M. Guillot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 171.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1417.

de son état d'extrême division, est fixée sur l'électrode, et que d'autre part on ne peut pratiquement s'astreindre à replatiner après chaque mesure, il était nécessaire de concevoir le problème sous un autre angle, et d'essayer d'incorporer à la solution soumise à la mesure une substance douée d'une grande capacité de fixation d'hydrogène, et qui serait par conséquent renouvelée à chaque mesure. Peu importait alors qu'il y eût empoisonnement, puisque l'élément support d'hydrogène ne serait plus fixé à l'électrode.

Nous avons pensé que le palladium à l'état colloïdal, préparé par la méthode électrique de Bredig (étincelle entre deux électrodes de palladium dans l'eau distillée), qui possède le pouvoir de fixer une quantité considérable d'hydrogène, pouvait jouer le rôle du noir de platine. Dans l'électrode rotative décrite précédemment et sans platinage du platine, nous avons donc simplement ajouté, aux $0^{cm^3},4$ de solution à étudier, une petite goutte (environ $0^{cm^3},05$) de la suspension colloïdale de palladium et une petite bulle d'hydrogène. Dans ces conditions, nous avons observé que le potentiel montait normalement, pendant la rotation de notre électrode. Mais comme la matière fixatrice d'hydrogène était répartie dans la masse, et non plus fixée à l'électrode, nous avons interrompu la rotation au bout de 3 ou 4 minutes. Le potentiel continua de monter jusqu'à atteindre la même valeur que celle obtenue au moyen de l'électrode de platine platiné, à $\pm$ 0,3 millivolt près. Nous avons donc obtenu directement un pH exact, à $\pm$ 0,0051 près avec ce nouveau procédé.

Nous étudions à l'heure actuelle le rôle de la concentration en palladium et celui du volume de la bulle d'hydrogène.

Il est donc permis, d'ores et déjà, de penser que la technique fastidieuse du platinage et de l'hydrogénation, suivie d'un long rinçage, pourra être complètement éliminée. Les avantages que l'on gagne sont évidents. On peut, dès à présent, au point de vue industriel, concevoir des électrodes automatiques permettant l'enregistrement de la valeur du pH. Nous avons, en effet, obtenu des courbes continues au moyen d'un potentiomètre enregistreur automatique.

L'équilibre est généralement un peu plus long à s'établir que dans le cas du platine platiné dans notre électrode à rotation continue : mais le temps nceéssaire (de 10 à 20 minutes) reste toujours inférieur au temps requis par la majorité des autres électrodes existantes. Une fois établi, il se maintient, sans aucun changement pendant plus de 20 minutes.

Cette méthode nous paraît devoir être particulièrement utile pour la

mesure du pH des solutions carbonatées de l'organisme (plasma, sérum), car elle réduit au minimum les manipulations et le volume d'hydrogène gazeux mis en contact avec le liquide, donc la perte de CO^2.

PHYSICOCHIMIE. — *Nouvelle méthode cryoscopique.* Note de M. A. LALANDE.

Principe. — La méthode que nous décrivons est destinée à la mesure de la température de congélation commençante des mélanges liquides. Elle dérive de l'analyse thermique, mais assure l'équilibre thermodynamique entre les phases en présence.

Le mélange à examiner est introduit dans une éprouvette où plongent un thermomètre à résistance électrique, un agitateur rotatif et une résistance de chauffage. On dispose d'autre part d'un cryostat à air amené au-dessous de la température de solidification à mesurer et l'on y place l'éprouvette. L'enceinte cryostatique doit être assez profonde pour contenir, avec l'éprouvette elle-même, la totalité du thermomètre et une longueur notable de la tige de l'agitateur.

Le liquide est vivement agité et l'on surveille l'allure de son refroidissement. On est ainsi averti du moment où la surfusion cesse spontanément. On réchauffe alors l'enceinte cryostatique jusqu'au voisinage de la température du complexe solide-liquide qui a pris naissance et laisse l'équilibre thermique s'établir. Quand celui-ci est réalisé, l'éprouvette cryoscopique échange avec l'extérieur une quantité de chaleur nulle au total (la perte par rayonnement, convection et conduction compense alors l'apport de chaleur dû au frottement de l'agitateur).

Ces manipulations s'identifient, au moins qualitativement, avec la technique des « températures convergentes » de Raoult [1]. Les buts poursuivis diffèrent pourtant essentiellement. Les opérations précédentes ne constituent pas, en effet, la mesure proprement dite. Elles sont destinées à amener le système étudié, partiellement cristalisé, à se trouver en équilibre thermique avec lui-même et avec l'enceinte, à une température nettement inférieure à sa température de congélation commençante.

A partir de ce moment on s'arrange, en agissant convenablement sur le réglage du cryostat, pour que les échanges de chaleur entre l'éprouvette et

(1) RAOULT, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, 16, 1899, p. 162.

l'extérieur soient négligeables. On maintient pour cela une différence de température constante entre l'enceinte et l'éprouvette.

La mesure proprement dite s'effectue de la façon suivante : on fournit au complexe solide-liquide des quantités de chaleur égales entre elles, à des intervalles de temps suffisants pour que l'équilibre thermodynamique se rétablisse chaque fois.

Un apport de chaleur provoque d'une part la fusion d'une certaine quantité de cristaux et d'autre part une variation de la température qui correspond au changement de concentration du liquide. Tant que la température de congélation n'est pas atteinte, le point figuratif du système, dans le diagramme température-concentration, se retrouve, à l'équilibre entre deux chauffes consécutives, sur la courbe de fusion du constituant qui cristallise. La température s'élève par petits échelons sensiblement égaux jusqu'à atteindre celle où disparaissent les derniers cristaux.

On poursuit les apports de chaleur; lorsque le mélange est entièrement fondu, ils sont complètement utilisés à chauffer le liquide et l'on obtient, entre les paliers successifs, de nouvelles différences de température beaucoup plus grandes que les précédentes et sensiblement égales entre elles. Désignons par A leur valeur commune et par a la valeur du dernier des petits échauffements.

La chauffe intermédiaire qui provoque la disparition des derniers cristaux entraîne une variation de B^0, comprise entre a^0 et A^0. La température de fusion cherchée est égale à celle du dernier palier observé après une petite variation, majorée d'une correction $c = a(A - B) : (A - a)$.

Réalisation. — Le premier appareillage construit s'inspire d'un désir de simplicité plus que de très grande précision; le cryostat, analogue à celui de Stock (¹), est constitué d'un bloc d'aluminium et réglé à la main. Dans l'enceinte cryostatique repose sur des cales en liège un vase de Dewar, qui recevra l'éprouvette cryoscopique (déjà refroidi si l'on veut gagner du temps).

On détermine à l'avance, une fois pour toutes, avec une agitation et un volume de liquide donnés, l'écart entre les températures du bloc d'aluminium et de l'éprouvette tel que la chaleur reçue au total par celle-ci soit nulle. Cet écart est mesuré à l'aide d'un couple thermo-électrique.

Le point délicat est le réglage de la température de l'enceinte pendant la mesure. On dispose pourtant, grâce au vase de Dewar qui protège l'éprouvette, d'une marge de plusieurs dixièmes de degré.

(¹) STOCK, *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft*, 53, 1920, p. 751.

Voici les résultats extraits d'une mesure portant sur un mélange d'alcool et d'éther, les astérisques indiquant des chauffes intercalaires de 30 secondes :

Minutes......	0	*	3	6	*	9	12	*	15	18
°C..........	−117,71		−117,66	−117,65		−117,61	−117,61		−117,57	−117,57
Minutes......	*	21	24	*	27	30	*	33	36	
°C..........		−117,53	−117,53		−117,25	−117,26		−116,78	−116,76	

On en déduit la température cherchée

$$\Theta = -117^\circ,53 + 0,04\frac{0,48 - 0,28}{0,48 - 0,04} = -117^\circ,51.$$

Conclusions. — Quelle que soit la température de fusion du mélange, la précision de la méthode n'est limitée que par celles du cryostat et du thermomètre. Aux températures voisines de l'ambiante, notre technique n'est pas inférieure à celle des températures convergentes de Raoult; elle est toujours préférable à l'analyse thermique pure et simple. Elle évite l'obligation d'amorcer à point nommé, opération de plus en plus délicate au fur et à mesure que l'on opère à plus basse température. Elle supprime la correction de surfusion, dont l'incertitude augmente avec l'écart entre les points de congélation de la solution et du solvant pur.

PHYSICOCHIMIE. — *Influence de la température sur l'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique dans l'ultraviolet lointain.* Note de M. **R. Trehin**, présentée par M. Ch. Fabry.

La méthode de préparation de l'eau et du gaz chlorhydrique purs ainsi que les procédés de photométrie photographique ont fait l'objet d'une Note antérieure (¹).

J'ai étudié l'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique à des concentrations variées (de $0^{mol},01$ à 14^{mol} par litre) pour diverses températures comprises entre — 10° C. et +90° C. Dans le cas des températures inférieures à celle du laboratoire, la cuve de Pyrex contenant la solution est placée dans une boîte d'ébonite étanche calorifugée. On fait circuler dans celle-ci, grâce à une légère pression d'air comprimé, un courant plus ou moins rapide d'alcool refroidi par immersion dans un

(¹) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 774.

mélange réfrigérant. Le dépôt de givre est évité en fermant la cuve à l'aide de fenêtres constituées par deux lames de quartz entre lesquelles on a fait le vide.

Dans le cas des températures élevées, j'ai utilisé des cuves en silice placées dans un four chauffé par des résistances électriques. Afin d'empêcher l'attaque du verre du thermomètre, ce dernier est protégé par un tube mince de silice, contenant un peu de mercure.

Résultats. — A. *Eau.* — J'ai d'abord opéré avec de l'eau pure surfondue à — 6° C., puis portée à diverses températures jusqu'à + 95° C. L'absorption est indépendante de la température dans toute l'étendue du spectre.

B. *Acide chlorhydrique.* — 1° Pour une longueur d'onde λ et une concentration *c* (en molécules par litre) déterminées, l'absorption croît avec la température et d'autant plus rapidement qu'on opère à des températures plus élevées. Cet effet, peu marqué dans le proche ultraviolet, même si la concentration est grande, devient très important dans l'ultraviolet lointain, même pour de faibles concentrations.

		Log $\frac{I_0}{I}$ pour 1cm d'épaisseur.				
λ.	C.	25°.	50°.	70°.	80°.	90°.
2816	0,5	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005
	5	0,012	0,013	0,0145	0,016	0,0175
	12	0,007	0,008	0,009	—	—
2230	0,5	0,023	0,028	0,038	0,045	0,052
	5	0,060	0,072	0,100	0,125	0,150
	12	0,056	0,070	0,098	—	—
2170	0,5	0,038	0,064	0,105	0,140	0,185
	5	0,120	0,195	—	—	—
	12	0,125	0,300	—	—	—

1° A toute température et pour chaque concentration, l'absorption augmente d'une manière parfaitement continue quand la longueur d'onde décroît;

2° A toute température également, on retrouve un maximum d'absorption pour une concentration et une longueur d'onde déterminées;

4° A toute température enfin, le coefficient d'absorption moléculaire croît rapidement dans l'ultraviolet lointain lorsque la concentration diminue : la loi de Beer n'est donc pas vérifiée.

λ.	t.	Coefficient d'absorption moléculaire. 0mol,5.	1mol.	5mol.	8mol.	12mol.
2816	25°	0,006	0,0055	0,0024	0,0015	0,0006
	50	0,007	0,006	0,0026	0,0016	0,0007
	70	0,008	0,007	0,0029	0,0018	0,0008
	80	0,009	0,008	0,0032	0,0020	–
2230	25	0,046	0,025	0,0120	0,009	0,0046
	50	0,056	0,030	0,0145	0,010	0,0058
	70	0,076	0,045	0,020	0,014	0,008
	80	0,090	0,055	0,025	0,018	–
2170	25	0,076	0,045	0,024	0,020	0,010
	50	0,130	0,076	0,040	0,035	0,025
	70	0,210	0,16	–	–	–
	80	0,280	–	–	–	–

Le coefficient d'absorption moléculaire est donc fonction de trois variables : longueur d'onde, concentration, température. Il est possible de trouver des groupes de ces trois grandeurs pour lesquels il est identique.

	λ.	c.	t.
0,03	2230	1mol	50°
		1,50	70
	2200	2	50
		5,75	70
	2170	2,50	25
		10	50
0,02	2230	1,50	25
		2	50
		4,25	70
	2200	3	25
		5,25	50
0,01	2230	7	25
		8	50
	2200	9	25
		11	50

Je poursuis actuellement par les mêmes méthodes l'étude de l'effet de température sur les solutions aqueuses de certains chlorures alcalins et alcalino-terreux soigneusement purifiés [1]. Les résultats obtenus sont tout à fait analogues aux précédents.

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1089.

MÉTALLURGIE. — *La sublimation du magnésium dans le vide et sa coulée sous atmosphère d'argon.* Note de MM. J. **Hérenguel** et G. **Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avions déjà montré, en opérant sur des quantités de l'ordre du kilogramme, qu'il est possible de purifier le magnésium par sublimation dans le vide (¹). Pour couler ensuite le métal, en conservant les avantages de cette première opération, il ne pouvait être question d'employer la méthode habituelle du bain de sel protecteur, mais il convenait de faire la fusion dans une atmosphère rigoureusement inerte. Nous décrirons ici les appareils et les techniques qui nous ont permis de préparer des lingots de 25^{kg} environ, à partir de magnésium sublimé.

L'appareil de sublimation est tout à fait analogue, mais en plus grand, à celui qui a été décrit précédemment (*loc. cit.*); malgré sa capacité de 80^{l}, on maintient aisément à l'intérieur, à froid ou à chaud (température maximum des parois 700°), un vide meilleur que le $1/100^{e}$ de millimètre. On remarque sur notre schéma (*fig.* 1) que la chambre de sublimation est divisée en trois compartiments. La partie snpérieure est formée par le condenseur et par une série de plateaux; ceux-ci servent au fractionnement de la vapeur et permettent aussi de maintenir à une température suffisamment élevée (400° environ) la chambre centrale où s'effectue la presque totalité de la condensation. On place les blocs de magnésium brut au fond de l'appareil.

A la température à laquelle nous l'effectuons, vers 600°, la sublimation est brutale; il est nécessaire de la régulariser en plaçant plusieurs toiles de fer sur le trajet de la vapeur pour éviter l'entraînement des résidus vers les parties hautes de l'appareil. La vapeur se condense et forme de grands cristaux fibreux très brillants, de 10 à 20^{cm} de long, qui s'orientent normalement aux parois froides du tube refroidisseur; on obtient finalement, comme l'indique le schéma, un bloc sensiblement hémisphérique. Le magnésium condensé dans les parties hautes de l'appareil a un aspect terne et est extrêmement poreux; il absorbe de grandes quantités d'hydrogène et de gaz carbonique; il brûle spontanément, mais lentement, à l'air.

Le résidu de la sublimation est surtout formé de siliciure bleu, Mg^2Si, de particules fondues d'eutectique Mg^2Si-Mg et de fer à l'état métallique;

(¹) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 771.

il peut représenter, suivant les échantillons, de 0,2 à 0,5 pour 100 du métal mis en œuvre.

La fusion du magnésium sublimé se fait facilement dans le même appareil, à 650°, sous une atmosphère d'argon à une pression voisine de 1^{kg}. Il est

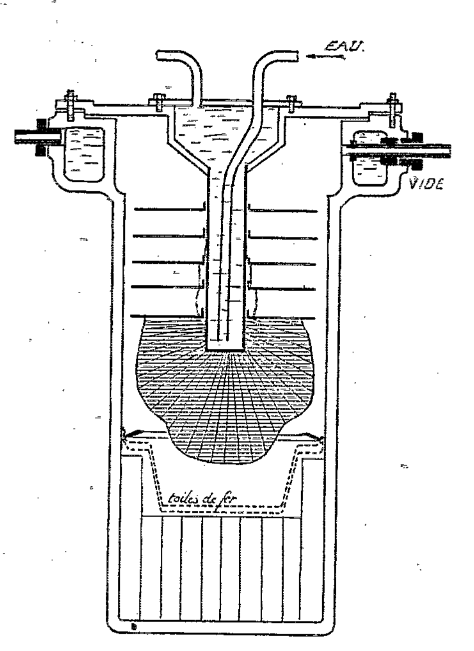


Fig. 1. — Appareil pour la sublimation du magnésium.

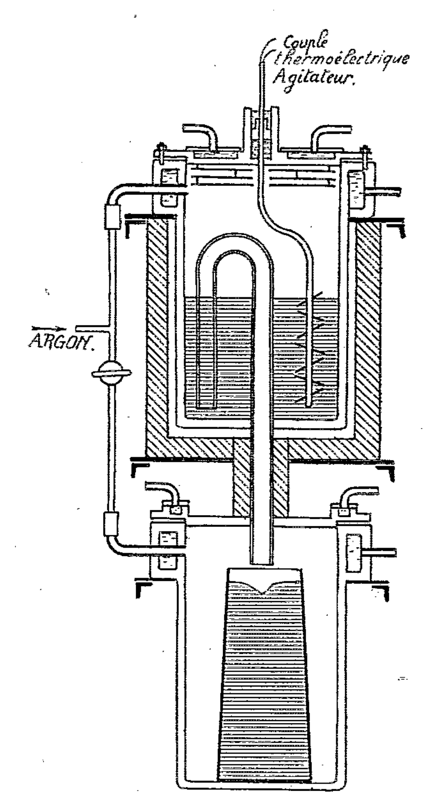


Fig. 2. — Appareil de fusion et de coulée du magnésium.

important de pouvoir effectuer la coulée dans les mêmes conditions afin d'obtenir une pièce ou un lingot de forme déterminée. Le dispositif que nous avons employé se compose, comme on le voit sur la figure 2, de deux enceintes superposées réunies par un siphon dont la partie intermédiaire peut être réchauffée au moyen d'un four auxiliaire.

Le métal est fondu dans la chambre supérieure où un agitateur permet d'uniformiser la masse; on peut en outre mesurer la température du bain. En augmentant la pression d'argon, on amorce le siphon et le métal coule dans la lingotière ou dans le moule qui se trouve à la partie inférieure.

Le métal obtenu dans ces conditions est particulièrement malléable; son

haut degré de pureté a une influence notable sur sa dureté ainsi que le montre le tableau suivant :

Échantillons utilisés bruts de coulée.	Dureté indiquée par une machine Rockwell (bille 1mm,6, charge : 100kg).	Dureté Brinell (bille 2mm, charge : 10kg).
Magnésium du commerce n° 1	47	–
Magnésium du commerce n° 2	50	35-37,6
Bloc résidu de sublimation enrichi en silicium	53	41
Magnésium sublimé fondu dans l'argon	40-40,7	29

Les techniques décrites ici nous ont permis de préparer aisément plusieurs alliages de magnésium. Nous pensons donc, maintenant que l'argon est préparé industriellement à un haut degré de pureté (quelques millièmes d'azote), que la fusion sous ce gaz peut avoir de nombreuses applications dans la métallurgie des métaux altérables.

CHIMIE MINÉRALE. — *Obtention et propriétés du thiocarbonate thalleux. Réaction spécifique du thallium.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le thiocarbonate thalleux n'a pas été signalé. Il se prépare facilement et prend naissance chaque fois que le sulfure thalleux, formé en milieu légèrement alcalin, est mis en présence de sulfure de carbone :

$$STl^2 + S^2C = CS^3Tl^2.$$

Sans être instantanée, cette réaction s'effectue à froid et rapidement. Le précipité noir, obtenu tout d'abord, fait place à un produit dense, coloré en rouge vermillon. Après lavage avec de l'eau distillée bouillie, on dessèche dans le vide en présence d'anhydride phosphorique.

Ce sel est amorphe, opaque, d'une très belle teinte rouge ; il est parfaitement stable à froid, même dans le vide. Par contre, il se décompose rapidement sous l'action de la chaleur. Dans le vide à 100°, il donne naissance au sulfure thalleux et libère la totalité du sulfure de carbone; le sulfure restant commence à se volatiliser dans le vide de la trompe à mercure au-dessus de 300°.

Ce composé est stable en présence de l'eau ou des alcalis à la température ordinaire (potasse, soude, ammoniaque). L'ammoniac gazeux et l'anhy-

dride carbonique n'ont d'autre action à 300° que d'occasionner le départ du sulfure de carbone.

Ce corps est insoluble dans les liquides organiques usuels. Sa solubilité dans l'eau est faible; elle est de 10^{mg} par litre. Les acides dissolvent ce corps en le décomposant dès la température ordinaire, s'il s'agit d'acides minéraux, avec formation des sels thalleux correspondants. Avec les acides organiques l'attaque ne se produit pas à froid, mais à la température de l'ébullition, par exemple dans le cas de l'acide acétique. Il en est de même pour les acides tartrique et citrique utilisés en solutions aqueuses.

Quelques sels métalliques fournissent des doubles décompositions. Les sulfates de cadmium et de cuivre, les nitrates d'argent et de plomb donnent ainsi naissance aux nitrates ou sulfates thalleux et à d'autres thiocarbonates métalliques instables. Celui de cuivre peut être isolé, partiellement décomposé; par contre, on ne peut séparer que les sulfures de cadmium, d'argent et de plomb.

Les divers réactifs oxydants transforment facilement le thiocarbonate thalleux; à froid, l'oxygène ou l'eau oxygénée, si elle est neutre, sont cependant sans action. Le chlore et le brome provoquent une oxydation qui aboutit à la formation du sel thallique et de sulfate, si l'on opère en présence d'eau. L'action du brome en présence de soude permet d'effectuer l'oxydation totale du soufre de la molécule et de doser cet élément à l'état de sulfate.

Le permanganate de potassium fournit de l'oxyde thallique insoluble, du soufre et surtout du sulfate de potassium. Le ferricyanure de potassium, le nitrate ferrique, le chlorure d'or conduisent à une oxydation moins profonde. Le soufre et le sulfure de carbone sont libérés, on obtient, en outre, des sels thalleux et du chlorure thallique dans le cas du chlorure d'or.

L'oxygène ou l'air produisent une oxydation à partir de 100°. La réaction est quantitative à 300° dans le cas de l'oxygène et il se forme du sulfate thalleux. Avec l'air la réaction reste incomplète même à 400°.

L'anhydride sulfureux est réduit à partir de 250°. En opérant dans un appareil privé d'air par la trompe à mercure et à 300°, on effectue une transformation totale en sulfate.

L'insolubilité dans l'eau du thiocarbonate thalleux permet d'envisager l'emploi de ce corps pour l'identification et le dosage du métal. Le meilleur mode opératoire nous a semblé être le suivant : A 1 ou 2^{cm^3} de solution à caractériser, on ajoute quelques gouttes de sulfure de carbone et un excès d'ammoniaque jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de précipité. On

verse ensuite quelques gouttes de sulfhydrate d'ammoniaque et en léger excès de façon que la teinte du liquide devienne jaune. On chauffe très doucement jusqu'à commencement d'ébullition du sulfure de carbone. Si le thallium est à l'état de sel thalleux, l'ammoniaque ne produit pas de précipité; on obtient ensuite du sulfure noir, puis du thiocarbonate rouge vermillon. Si le métal est à l'état trivalent, l'ammoniaque donne un précipité noir, la suite des réactions restant la même.

La sensibilité de cette méthode de recherche est un peu plus grande que celle qui est basée sur la formation du sulfure. Les solutions aqueuses à la dilution de 1/50000[e], exprimée en métal, ne fournissent plus de précipitation nettement visible avec le sulfhydrate d'ammoniaque, mais en ajoutant une goutte de sulfure de carbone, on observe un louche nettement coloré en rouge. La réaction devient douteuse si la dilution est double.

En résumé, le thiocarbonate thalleux se forme très facilement chaque fois que l'on produit du sulfure de thallium en milieu alcalin, et en présence de sulfure de carbone. Le précipité insoluble obtenu est rouge vermillon et constitue une réaction d'identification du thallium encore nette à une dilution de 1/50000[e] exprimée en métal. Ce sel est stable à la température ordinaire et en présence des alcalis. Par contre, les acides minéraux et les halogènes l'attaquent avec violence. Il perd du sulfure de carbone avant 100°. Il fournit quelques doubles décompositions avec les sels métalliques (en particulier de cadmium, d'argent, de plomb, de cuivre), mais il est surtout sensible aux réactions d'oxydation même très douces (ferricyanure, nitrate ferrique, chlorure d'or). L'eau oxygénée est cependant inactive; par contre, l'anhydride sulfureux à 300° oxyde complètement le soufre à l'état de sulfate thalleux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'aluminate bicalcique hydraté.* Note de M. HENRI LAFUMA, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les résultats de mes recherches [1] sur l'existence de l'aluminate bicalcique hydraté et sur la formation de ce sel dans l'hydratation des ciments alumineux ont été postérieurement négligés ou nettement contestés. Cependant, l'existence de l'aluminate bicalcique hydraté a été confirmée par

---

[1] *Recherches sur les aluminates de calcium* (*Thèse*, Paris, 1925).

Assarsson et Forsen et sa formation dans l'hydratation des ciments alumineux par Koyanagi [1] et par Kühl et Berchem [2].

Ayant reconnu qu'il se forme, dans l'hydratation des ciments alumineux, un mélange d'alumine et d'un aluminate de chaux hydratés, Koyanagi recueille ce mélange, le calcine pour insolubiliser l'alumine libre et le traite une demi-heure à l'ébullition par HCl N/30 pour dissoudre l'aluminate. Il reste une substance insoluble que l'analyse montre être de l'alumine pure. La chaux et l'alumine de la partie soluble ont été dosées; le rapport moléculaire de la chaux à l'alumine y est toujours inférieur à 2 : 1,13 pour une calcination à 1200° C.; 1,75 pour une calcination à 800°.

Koyanagi admet cependant la présence dans le mélange d'aluminate bicalcique hydraté, en supposant que l'alumine libre et l'aluminate de chaux aient une grande tendance à réagir, de 800 à 1200°, pour donner de l'aluminate monocalcique.

L'analyse directe des cristaux d'aluminate obtenus par l'hydratation d'un ciment alumineux, cristaux isolés par une méthode de sédimentation et de tamisage évidemment délicate, a donné à Kühl et Berchem des résultats extrêmement voisins de $Al^2O^3 . 2CaO . 8H^2O$.

En raison des discussions auxquelles a donné lieu récemment la composition des aluminates hydratés de calcium, il m'a paru opportun de reprendre leur étude.

Il résulte des expériences de Koyanagi que pour éviter la recombinaison de l'alumine libre et de l'aluminate, il faut effectuer la calcination à une température aussi basse que possible, en tout cas inférieure à 800°. Cette calcination doit d'autre part assurer l'insolubilisation de l'alumine libre dans le réactif employé.

J'ai vérifié qu'une température de 600° convient ; l'alumine calcinée à cette température est pratiquement insoluble à froid dans HCl N/10, alors que l'aluminate est immédiatement soluble.

Ceci étant, voici le détail d'une expérience : 20^{gr} de ciment fondu ont été agités 1 heure dans 1 litre d'eau, puis la solution filtrée a été abandonnée quelques jours, et le précipité formé recueilli. Ce précipité, séché 48 heures sur $CaCl^2$, dans le vide, et pulvérisé, est divisé en deux parties ; l'une est traitée directement, 10 minutes à froid, par un excès de HCl N/10 ; l'autre est calcinée 1 heure vers 600°, avant le traitement par HCl N/10.

(1) *Zement*, 37, 1930, p. 866.
(2) *Zement*, 39 et 40, 1932, p. 547 et 561.

On détermine l'alumine insoluble, l'alumine et la chaux dissoutes, enfin l'eau, par différence pour la première partie, et par la perte au feu pour l'autre.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

	Précipité non calciné.	Précipité calciné.
Alumine insoluble	9,1 pour 100	15,5 pour 100
Alumine soluble	28,6 »	23,1 »
Chaux soluble	24,6 »	24,7 »
Eau	37,7 (différence)	36,6 (perte au feu)
Rapport moléculaire : $\frac{\text{chaux soluble}}{\text{alumine soluble}}$	1,56	1,95

On voit que c'est bien l'aluminate bicalcique hydraté qui se forme dans l'hydratation du ciment fondu.

J'ai utilisé la même méthode d'analyse immédiate pour l'étude des précipités hétérogènes que l'on obtient en mélangeant des proportions variables d'eau de chaux et de solution d'aluminate monocalcique (obtenue en agitant du ciment fondu dans l'eau), précipités dont la composition globale varie de

$$Al^2O^3.CaO.Aq \quad \text{à} \quad Al^2O^3.4CaO.Aq.$$

Par la calcination à 600°, on met en évidence de l'alumine libre dans tous les précipités où la proportion de chaux est inférieure à $Al^2O^3.2CaO$; les précipités plus riches en chaux sont au contraire complètement solubles à froid dans HCl N/10, qu'ils aient été ou non calcinés.

L'aluminate bicalcique hydraté est donc l'aluminate le moins calcique qui se forme dans ces conditions.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage des halogènes dans les matières organiques par la méthode au sodammonium : Dosage du fluor dans quelques composés organiques*. Note de M. **Firmin Govaert**.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons donné une méthode de dosage des halogènes dans des substances insolubles dans l'ammoniaque liquide et nous avons donné comme exemple la détermination du brome dans la tétrabromepentaérythrite.

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 797.

Le dosage facile de l'halogène dans ce dérivé par cette méthode était d'autant plus surprenant que l'on connaît la faible réactivité de ces atomes de brome dans cette molécule.

Il faut, en effet, un chauffage durant plusieurs jours à 130° (en tubes scellés) avec de l'éthylate de sodium en grand excès avant d'obtenir une réaction ([1]).

On pouvait donc espérer que cette méthode fût absolument générale et que l'on pourrait doser l'halogène dans les composés halogénés les plus robustes.

Vaughn et Nieuwland ([2]) appliquèrent déjà la méthode au sodammonium à la détermination du fluor dans quelques dérivés fluorés. Toutefois, à part le fluorbenzène, les substances analysées renfermaient des atomes de fluor assez mobiles.

Pour pouvoir conclure à l'application générale de la méthode que nous avons décrite, il était donc intéressant de soumettre à l'analyse des composés fluorés les plus robustes, tels par exemple le trifluortoluène. Ce corps est en effet réfractaire à la plupart des agents chimiques. En voici quelques preuves : Si l'on chauffe le trifluortoluène avec de l'eau en tubes scellés à 150° durant plusieurs jours, on ne peut déceler aucune trace d'hydrolyse; l'amalgame de sodium est sans action, même à l'ébullition. La vapeur chauffée dans un appareil à reflux, durant 15 jours à 300° au contact soit avec le cuivre, soit avec le fer, soit avec l'aluminium, reste inaltérée (voir notamment F. SWARTS, *C. R. Congrès nat. des Sciences*, 1930, p. 223).

L'analyse de ce produit par la méthode décrite est des plus faciles. Il faut même prendre la précaution de plonger de temps en temps l'éprouvette dans le bain réfrigérant afin de modérer la réaction trop vive entre le trifluortoluène et le sodammonium. Nous avons également examiné l'éther trifluoracétique et nous avons refait aussi l'analyse du fluorbenzène, déjà étudié par Vaughn et Nieuwland.

Malgré la robustesse de la liaison des atomes de fluor dans ces molécules — en effet l'éthylate n'enlève pas la moindre trace de fluor — la réaction avec le radical sodammonium est instantanée.

Quand la décomposition du dérivé fluoré est terminée, on laisse évaporer l'ammoniaque, on reprend par de l'eau et l'on dose le fluor sous forme de CaF^2.

([1]) H. B. J. SCHURINK, *Dissertation Groningue*, 1929, p. 74.

([2]) VAUGHN et NIEUWLAND, *Ind. Eng. Chem. anal.*, 3e éd., 1931, p. 274.

Les résultats de ces diverses analyses sont réunies dans le tableau suivant :

Composé fluoré.	Fluor calculé pour 100.	Fluor trouvé pour 100. I.	II.
Trifluortoluène	39,04	38,88	38,79
Éther trifluoracétique	40,14	39,76	39,89
Fuorbenzène	19,79	19,57	19,65

Ces résultats obtenus avec des corps caractérisés par l'extraordinaire stabilité des atomes d'halogènes dans leurs molécules, nous permettent de conclure, sans crainte d'exagération, que l'application de cette méthode d'analyse est absolument générale.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'azote organique en présence de nitrates par la méthode de Kjeldahl.* Note de MM. **Robert Cambier** et **Lucien Leroux**, présentée par M. A. Desgrez.

On sait que le dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl est entaché d'erreurs par défaut, parfois considérables, lorsque la substance analysée renferme des nitrates. Une fraction plus ou moins importante de l'azote est alors perdue, sous forme de produits gazeux, pendant le chauffage avec l'acide sulfurique.

De nombreux procédés ont été proposés pour remédier à cette difficulté, notamment la destruction préalable des nitrates par ébullition avec le sulfate ferreux et l'acide chlorhydrique, ou bien encore leur transformation en ammoniaque par hydrogénation, etc., mais ces palliatifs compliquent singulièrement l'opération.

Au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, nous utilisons, depuis plusieurs années, pour l'analyse des eaux épurées par le sol, les lits biologiques ou les boues activées, toujours très riches en nitrates, une technique qui nous paraît applicable à des cas similaires (engrais, etc.). Elle est basée sur l'élimination préliminaire de l'acide nitrique de l'échantillon, par distillation *dans le vide* à basse température.

Cette distillation s'opère au bain-marie, dans un petit ballon de Wurtz, à long col, fermé par un bouchon muni d'un tube capillaire de rentrée d'air

plongeant jusqu'au fond. On utilise comme réfrigérant un second ballon identique réuni au tube latéral du premier par un bouchon; on y fait le vide avec une trompe et on l'arrose d'eau courante pour le refroidir.

L'échantillon d'eau mesurée est placé dans le ballon distillatoire avec une quantité suffisante (2 à 3^{cm^3}) d'acide sulfurique pur. On commence la distillation vers 30-40° et, vers la fin, quand l'eau est presque complètement éliminée, on laisse la température du bain-marie s'élever jusque vers 100°. Dans ces conditions, l'acide nitrique est entraîné dans le ballon réfrigérant où l'on peut arriver à le retrouver quantitativement ([1]).

Lorsque l'eau est complètement évaporée, le ballon distillatoire est débouché, séparé du réfrigérant et chauffé directement sur une petite flamme pour terminer la destruction de la matière organique azotée suivant la méthode habituelle de Kjeldahl.

La technique ci-dessus décrite est applicable à l'analyse normale aussi bien qu'à la microanalyse. Voici quelques déterminations qui démontrent son exactitude dans ce dernier cas.

Urée (Azote théorique : 46,66 pour 100).

	Azote trouvé.
Essai sur $9^{mg},892$ (Kjeldahl ordinaire)	46,00
Essai sur $7^{mg},000 + 8^{mg}$ NO^3K (Kjeldahl ordinaire)	32,28
Essai sur $6^{mg},515 + 8^{mg}$ NO^3K (Kjeldahl après distillation)	46,05

([1]) Dans ce but, on introduit dans le ballon réfrigérant, avant de commencer, la distillation, quelques gouttes de solution étendue de soude pure qui ont pour but de fixer l'acide nitrique. Pour doser ce dernier, nous avons d'abord songé à appliquer la méthode alcalimétrique, mais il faut y renoncer à cause des quantités variables d'acide chlorhydrique et même d'acide sulfurique entraînés à la distillation. On pourrait évidemment appliquer la méthode originale de Schlœsing, mais étant donnée la faible quantité de matière sur laquelle nous opérons d'ordinaire, nous préférons employer la méthode de Liebig-Boussingault, basée sur la destruction du sulfate d'indigo, qui constitue une véritable méthode microanalytique.

C'est ainsi qu'en ajoutant au liquide distillé un poids de nitrate de potassium pur correspondant à $1^{mg},25$ d'azote, nous avons pu retrouver dans le liquide distillé $1^{mg},01$ de l'azote nitrique entraîné, et que, dans un autre exemple, en ajoutant au liquide à distiller un poids de nitrate de potassium pur correspondant à $0^{mg},76$ d'azote, et un peu de chlorure de sodium, la même méthode à l'indigo a permis de retrouver dans le liquide distillé $0^{mg},68$ d'azote.

Alloxane (Azote théorique : 19,71 pour 100).

	Azote trouvé.
Essai sur $2^{mg},711$ (Kjeldahl ordinaire)........................	19,77
Essai sur $4^{mg},997 + 4^{mg}$ NO^3K (Kjeldahl ordinaire)............	12,52
Essai sur $3^{mg},685 + 4^{mg}$ NO^3K (Kjeldahl après distillation).....	19,94

Asparagine (Azote théorique : 18,66 pour 100).

Essai sur $5^{mg},006$ (Kjeldahl ordinaire)........................	18,37
Essai sur $3^{mg},508 + 9^{mg}$ NO^3K (Kjeldahl ordinaire)............	15,71
Essai sur $10^{mg},135 + 9^{mg}$ NO^3K (Kjeldahl après distillation)....	18,50

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de l'amidon.* Note de M. **R. Sutra**, transmise par M. G. Urbain.

Irvine ([1]) a montré que l'hydrolyse du triméthylamidon conduit uniquement au 2.3.6-triméthylglucose ; il en a conclu que les liaisons dans la chaîne de l'amidon ne peuvent se faire que par les carbones 1, 4, 5, d'où la possibilité pour la chaîne de l'amidon de posséder des groupements *glucopyranoses* et *glucofuranoses :*

Dans une Note précédente ([2]) nous avons montré que l'acétolyse de l'amidon conduit à un octoacétate de disaccharide qui se transforme au sein de l'alcool méthylique en α-octoacétylmaltose contenant une faible proportion de β-octoacétylmaltose.

Le pouvoir rotatoire de l'octoacétate de disaccharide est quelques instants après sa dissolution dans le chloroforme $[\alpha]_{578}^{20} = +116°,7$ et après une dizaine d'heures il se fixe à $[\alpha]_{578}^{20} = +121°,4$.

Pour expliquer cette transposition moléculaire, l'hypothèse la plus simple est d'admettre que le disaccharide (maltose labile) dont le dérivé acétylé est instable possède un glucopyranose et un glucofuranose : la

([1]) Irvine, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 48, 1929, p. 813.

([2]) R. Sutra, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1079.

liaison de ces deux groupements ne peut se faire que par les carbones 1 du glucopyranose et 5 du glucofuranose. Ce sucre, non isolé à l'état pur, répondrait à la constitution :

Des formules à peu près semblables ont été proposées pour l'amylobiose et le dextrinose, ancien isomaltose; pour éviter toute ambiguïté, nous proposons d'appeler ce sucre tel que nous l'avons défini : *maltosose*. Il n'est connu actuellement que par son octoacétate obtenu par acétolyse de l'amidon [1].

La chaîne d'amidon en résulte; elle peut se représenter par

Cette formule justifie l'hypothèse de Kuhn [2] sur l'action du *Bacillus macerans*. Cet auteur a, en effet, comparé l'action de ce bacille avec celle des *gommobacters* de Fernbach et Schœn [3] sur le saccharose qui ne fournissent des gommes que grâce au groupement fructofuranose de ce sucre. Kuhn a pensé que le *Bacillus macerans* agit sur l'amidon par des groupements labiles pour former du maltose, qui, se condensant, donne les dextrines cristallisées de Schardinger. L'amylase n'a aucune action sur les dextrines cristallisées (anhydrides de maltose) tandis qu'elle fournit à peu près quantitativement du maltose par action sur l'amidon (chaîne d'anhydrides de maltosose), il faut donc en conclure qu'elle n'agit qu'en présence des groupements glucofuranoses de l'amidon comme le *Bacillus macerans*.

En résumé l'hydrolyse du triméthylamidon (Irvine) et l'acétolyse conduisent à une formule de constitution de la *partie glucidique* de l'amidon

---

(1) *Loc. cit.*

(2) R. Kuhn, *Liebigs Annalen*, 443, 1925, p. 1.

(3) *Comptes rendus*, 155, 1913, p. 84 et Schoen, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 12, 1930, p. 1080.

qui répond à tous les faits chimiques et biologiques sur lesquels aucun doute ne subsiste. Elle permet en particulier d'expliquer la différence de rendement obtenu par Karrer et ses collaborateurs ([1]), ([2]) en acétobromomaltose par action du bromure d'acétyle sur l'amidon naturel et les dextrines cristallisées. Le maltose n'étant pas préformé dans l'amidon naturel, le rendement doit être inférieur à celui obtenu dans les dextrines où le maltose existe sous forme d'anhydride; c'est ce que vérifie l'expérience : dans le premier cas le rendement est de l'ordre de 20 pour 100 et dans le second, il est presque théorique. Remarquons que Karrer ([2]) a eu un rendement à peu près quantitatif avec l'amidon de Zulkowsky, c'est-à-dire un amidon ayant été chauffé à 190° dans le glycérol; ce fait montre qu'il y a une différence de constitution entre l'amidon de Zulkowsky et l'amidon naturel.

L'acétolyse fournit donc des renseignements intéressants sur la structure des polysaccharides; le glycogène, quoique traité d'une manière plus ménagée que l'amidon, conduit directement à un dérivé du glucose sans qu'il ait été possible de mettre en évidence un disaccharide. Ce résultat expérimental laisse prévoir une différence de constitution entre l'amidon et le glycogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires dans la série du cyclohexane; passage à la série du cyclopentane.* Note de M. **Tiffeneau**, présentée par M. A. Béhal.

Dans ces dernières années, il a été publié, en série hydrocyclique, un certain nombre de travaux ([3]) concernant des transpositions moléculaires avec raccourcissement de cycle, qui se rattachent incontestablement aux transpositions que j'ai moi-même signalées il y a près de vingt ans ([4]) et dont l'étude a été interrompue en 1914. J'ai repris récemment ce travail non seulement pour le compléter en divers points restés inachevés, mais aussi pour étudier les mêmes phénomènes de transposition comparative-

---

([1]) Karrer et Naegeli, *Helv. chim. Acta*, 4, 1921, p. 263.

([2]) Karrer, Naegeli, Hurtwiz et Waelli, *Helv. chim. Acta*, 4, 1921, p. 678.

([3]) Godchot et G. Cauquil, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 375 et 955; Vavon et Mitchovitch, *ibid.*, 186, 1928, p. 702; Jeanne Lévy et Sfiras, *ibid.*, 187, 1928, p. 45; *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 1830.

([4]) Tiffeneau, *Bull. Soc. chim.*, 15, 1914, p. 79; *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 771; Beilstein, 4e édition, suppl. 7, p. 15.

ment dans la déshalogénation des iodhydrines et dans l'isomérisation des oxydes d'éthylène correspondants, notamment avec quelques dérivés ortho et para substitués du cyclohexane ([1]).

Dérivés ortho. — 1° *Déshalogénation du 1-méthyl-2-iodocyclohexanol-1.* — Dans cette déshalogénation qu'on réalise par le nitrate d'argent, on obtient d'une part environ 90 pour 100 d'orthométhylcyclohexanone, formée par migration du méthyle et sans modification du cycle; d'autre part, 10 pour 100 d'une cétone formée par raccourcissement du cycle et déjà signalée par moi (*loc. cit.*), l'acétylcyclopentane, dont la semi-carbazone fusible vers 142° a été identifiée avec des semi-carbazones obtenues à partir de produits synthétiques ([2]).

```
   /CH²—CH—CO.CH³              /CH²—CH I ←———— | 90 %                      CH²  CH.CH³
CH²<      |           ←      CH²<  10 %  ↑  \CO H .CH³     ——→      CH²<           >CO
   \CH²—CH²          10 %      \CH²—CH²                   90 %              CH²  CH²
```

Récemment. Mme Perlin-Borrel a obtenu les mêmes produits par un mécanisme probablement identique en faisant agir $IMgCH^3$ sur la 1.2-chlorocyclohexanone (*loc. cit.*), c'est-à-dire par une réaction transpositrice analogue à celle que j'ai décrite en 1903 et consistant dans la formation de phénylacétone par action du bromure de magnésium phényle sur la chloracétone ([3]). C'est seulement par l'étude actuellement en cours des homologues qu'il sera possible d'affirmer la migration du méthyle, car dans l'exemple ci-dessus comme dans ceux de Godchot et Bedos (1925) celle-ci ne saurait êtreconsidérée comme rigoureusement démontrée.

2° *Isomérisation de l'oxyde.* — L'oxyde de méthylcyclohexène (éb. 137-139°), isomérisé par passage sur terre d'infusoires à 220-230°, se transforme, dans des proportions peu différentes, en *o*-méthylcyclohexanone et en un produit aldéhydique (semi-carbazone, F. 160-161°) qui est vraisemblablement l'aldéhyde 1.1-méthylcyclopentane formique, le mécanisme de cette formation étant analogue à celui de la réaction étudiée par Mlle Jeanne

---

([1]) La série *méta* n'a pas pu être étudiée; le carbure qu'on obtient à partir du méthyl-3-cyclohexanol-1 est surtout constitué par le 1.3-méthylcyclohexène si bien que l'aldéhyde obtenu par action du nitrate d'argent sur l'iodhydrine dérivée de ce carbure est le 1.3-méthylcyclopentylformaldéhyde (semicarbazone, F. 136°) et non le dérivé 1.2 théoriquement possible et encore moins le dérivé 1.1 annoncé par erreur.

([2]) Je dois ces semicarbazones à M. Nenitzescu (*Ber.*, 65, 1932, p. 807) et de Mme Perlin-Borrel (*Bull. Soc. chim.*, 41, 1932, p. 994; *Thèse doct. ès sciences*, Nancy, 1931).

([3]) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 989.

Lévy et M. Sfiras (*loc. cit.*) :

CH^2 — CH — $>O$ — $C—CH^3$ → CH^2 — $CH—O—$ — $C—CH^3$ → CH^2 — CHO — $C—CH^3$

Ainsi dans les deux réactions ci-dessus le raccourcissement du cycle s'est effectué différemment : dans l'isomérisation de l'oxyde, la rupture de l'oxygène a eu lieu du côté du CH^3, ce qui conduit à une forme intermédiaire dans laquelle l'oxygène reste lié au carbone secondaire, tandis que dans le cas précédent, l'oxygène reste lié au carbone tertiaire.

II. Dérivés para. — 1° *Déshalogénation de l'iodhydrine dérivée de la* 1.3-*méthylcyclohexanone*. — Cette déshalogénation qui avait déjà été étudiée par moi en 1914, fournit le 1.3-méthylcyclopentylformaldéhyde dont la semi-carbazone fond à 136. La formation de cet aldéhyde ne permet pas de fixer la constitution de l'iodhydrine, car, quoique l'on ait supposé le contraire, les deux iodhydrines isomères doivent théoriquement conduire par transposition au même aldéhyde.

2° *Isomérisation de l'oxyde de méthylcyclohexène*-1.3. — Cet oxyde (éb. 143-145°), isomérisé par passage sur terre d'infusoires à 220-230°, se transforme d'une part en le 1.3-méthylcyclopentylformaldéhyde déjà signalé ci-dessus, d'autre part en 1.4-méthylcyclohexanone. Il s'ensuit que la rupture de l'oxyde s'est produite du côté du CH en position 1.3 par rapport au méthyle.

La connaissance du mécanisme de ces diverses transpositions résultant les unes de l'isomération des oxydes d'ortho et de paraméthylcyclohexène, les autres de la déshalogénation des halohydrines correspondantes, semble devoir permettre une interprétation logique des diverses transpositions moléculaires avec raccourcissement de cycle qui ont été publiées dans ces dernières années.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les bétaïnes phénylméthyléthylées et sur la stéréoisomérie géométrique des composés organiques de l'azote pentavalent.* Note de Mme **M. Guaisnet-Pilaud**, présentée par M. C. Matignon.

La combinaison de l'éther iodacétique avec les amines aromatiques tertiaires mixtes est souvent corrélative de la production rythmique d'anneaux

colorés, qui correspond à des variations de la composition chimique du gel : iodure quaternaire-iodacétate d'éthyle ([1]).

En fait, la transformation de l'iodure quaternaire global (I) en bétaïne (II) par l'oxyde d'argent en excès ([2]) a permis d'isoler deux *hydrates bétaïniques* à 1 et $2H^2O$; ceux-ci, tout en étant susceptibles de se transformer l'un dans l'autre, à froid, dans des conditions précises, diffèrent néanmoins par certaines de leurs propriétés chimiques, de sorte qu'ils ne constituent pas deux formes hydratées de la même bétaïne.

$$C^6H^5N \begin{cases} CH^3 \\ C^2H^5 \\ CH^2CO^2C^2H^5 \end{cases} \quad (\text{with } I \text{ on } N) \qquad (I).$$

$$C^6H^5N \begin{cases} CH^3 \\ C^2H^5 \\ CH^2 \end{cases} \quad N{-}O{-}CO{-}CH^2 \text{ (cycle)} \qquad (II).$$

Dans les mêmes conditions, l'iodure quaternaire préparé avec la diméthylaniline, fournit une bétaïne monohydratée unique.

L'existence de ces deux hydrates qui cristallisent ensemble de la même solution alcoolique, démontre que lorsque la structure du composé est stabilisée par une chaîne cyclique (bétaïnique), il peut exister des stéréoisomères géométriques inactifs de l'azote pentavalent.

Ce résultat vient à l'appui des observations de Le Bel relatives à l'existence de chlorures isomères de méthyléthylpropylisobutylammonium α et β ([3]). Il peut être interprété en utilisant les schémas de Jones ([4]) (double pyramide dipolaire à base triangulaire, métastable, et pyramide monopolaire à base quadrangulaire, stable). Je montrerai prochainement qu'il s'accorde aussi avec les conceptions de Pope ([5]), qui limite au premier schéma de Jones la possibilité du dédoublement en inverses actifs, ainsi qu'avec l'autoracémisation des sels d'ammonium asymétriques étudiée

---

([1]) P. Freundler et M[lle] M. Pilaud, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 1151 ; B. Tchoubar. *Étude de la combinaison de l'iodacétate d'éthyle avec quelques amines aromatiques tertiaires mixtes* (*Diplôme d'études supérieures*, Paris, juillet, 1932).

([2]) Willstaether et Kahn, *D. chem. Gés.*, 37, 1904, p. 401 ; Piaux, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 645 ; P. Freundler, L. Piaux et M[lle] M. Pilaud, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 1147.

([3]) Le Bel, *Comptes rendus*, 129, 1899, p. 548 ; *D. ch. Ges.*, 33, 1900, p. 1003.

([4]) *Chem. Soc.*, 85, 1904, p. 223 ; 87, 1905, p. 1721.

([5]) *Chem. Soc.*, 99, 1911, p. 1510.

par Wedekind (¹); cette autoracémisation serait corrélative du passage de la forme métastable à la forme stable.

Partie expérimentale. — La préparation des bétaïnes est effectuée suivant le procédé de Willstaetter (*loc. cit.*). Le gel obtenu par combinaison à froid de l'iodacétate d'éthyle et de la méthyléthylaniline est dissous après 4-5 jours, dans de l'eau distillée, séparé par décantation de l'excès d'iodacétate d'éthyle associé, et agité à froid avec un peu plus de deux fois la quantité théorique d'oxyde d'argent (²). Le liquide d'essorage est évaporé à sec dans le vide au bain-marie, et le résidu cristallin est repris par l'alcool à 95 pour 100 pour séparer l'oxyde d'argent et le pourpre stanneux qui se sont déposés. Des cristallisations fractionnées dans l'alcool absolu et dans l'alcool à 95 pour 100 permettent d'isoler une certaine quantité de monohydrate et de dihydrate à l'état pur.

Le *monohydrate* cristallise dans l'alcool à 95 pour 100 ou dans l'eau en aiguilles prismatiques fusibles à 175°,5, très peu solubles dans l'alcool absolu. (Calculé pour $C^{11}H^{15}O^{2}N.H^{2}O$; C, 62,55; H, 8,05; N, 6,63. — Trouvé : C, 62,8; H, 7,66; N, 7,02.)

Abandonné pendant 3-4 jours sur du papier, à l'air humide, il se transforme en dihydrate. Avec le chlorure de platine chlorhydrique, il fournit un *chloroplatinate* cristallisé en petits prismes orangés ($2H^{2}O$), fusibles à 134° en se déshydratant; le sel anhydre se décompose vers 155°.

Le *dihydrate* cristallise dans l'alcool à 95 pour 100 en grandes tables (³) plus solubles que le précédent, qui fondent à 79-79°,5. (Calculé pour $C^{11}H^{15}O^{2}N.2H^{2}O$: C, 57,64; H, 8,34; N, 6,11. Trouvé : C, 57,76; H, 8,37; N, 6,14.) Il fournit le même chloroplatinate que le monohydrate.

Une différence absolue se manifeste dans les propriétés chimiques des deux hydrates lorsqu'on les combine à froid, en solution aqueuse ou alcoolique, avec la quantité d'acide oxalique exactement nécessaire pour former un oxalade acide :

Le *monohydrate* fusible à 175°,5 fournit, dans ces conditions, intégralement et exclusivement un *oxalate acide anhydre* en aiguilles fusibles à 124°,5. (Calculé pour $C^{13}H^{17}O^{6}N$: C, 55,12; H, 6,01; N, 4,95. Trouvé : C, 55,32; H, 6,2; N, 5,14.)

Avec le *dihydrate* on obtient d'abord un mélange d'acide oxalique et d'un *oxalate neutre anhydre* fusible à 166°. (Calculé pour $C^{24}H^{32}O^{8}N^{2}$: C, 60,50; H, 6,72; N, 5,88. Trouvé : C, 60,95; H, 6,89; N, 6,05); puis, dans les eaux mères, un *oxalate acide monohydraté* en tables fusibles à 69°,5. (Calculé pour $C^{13}H^{17}O^{6}N, H^{2}O$: N, 4,65. Trouvé 4,77); en

(¹) *Zur Stereochemie des fünfwertigen Stickstoffs*, p. 72. Veit et Cie, Leipzig, 1907.

(²) P. Freundler, L. Piaux et M. Pilaud, *loc. cit.*

(³) Leur étude cristallographique est en cours.

aucune condition le dihydrate de bétaïne n'a donné l'oxalate acide fusible à 124°,5.

Ces recherches sont poursuivies.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stabilité du lien oxydique dans les dérivés tétrahydrofuryliques.* Note de M. **R. Paul**, présentée par M. Matignon.

Dans une Note précédente (¹), j'ai montré que le cycle tétrahydrofuranique était seul à se former au cours des réactions intramoléculaires du pentanetriol-1.2.5 et de ses dérivés. La stabilité particulière de ce cycle m'a engagé à poursuivre ces recherches sur l'alcool tétrahydrofurfurylique que l'on obtient facilement par hydrogénation catalytique du furfurol.

L'acide bromhydrique réagissant à 110° sur cet alcool conduit à un mélange en proportions égales de dibromopentanol-1.5.2 et de tribromopentane-1.2.5; comme la δ-dibromhydrine, possédant un oxhydryle secondaire à coté d'un groupe $-CH^2Br$, ne peut réagir sur BrH, il faut admettre que la coupure du pont oxydique se fait suivant les deux schémas :

$$\underbrace{CH^2-(CH^2)^2-CH}_{O}-CH^2OH + 2BrH \rightarrow H^2O + \underset{\delta\text{-dibromhydrine}}{Br.CH^2-(CH^2)^2-CH.OH-CH^2Br}$$

$$\underbrace{CH^2-(CH^2)^2-CH}_{O}-CH^2OH + 2BrH \rightarrow H^2O + \underset{\alpha\text{-dibromhydrine}}{OH.CH^2-(CH^2)^2-CH.Br-CH^2Br}$$

l'α-dibromhydrine réagissant ultérieurement sur l'hydracide pour donner le tribromure.

On obtient d'ailleurs avec un exellent rendement le tribromopentane $BrCH^2-CHBr-(CH^2)^3Br$ pur, en traitant le produit brut, dibromhydrine et tribromure, par le pentabromure de phosphore.

L'anhydride acétique ne réagit complètement sur l'alcool tétrahydrofurylique qu'à 200°, à l'autoclave, et en présence d'une trace de $ZnCl^2$. Le triacétopentane-1.2.5, $CH^3CO^2.CH^2.CH(O^2C.CH^3).(CH^2)^3.O^2CCH^3$ se forme alors avec un rendement dépassant 55 pour 100; on peut ainsi passer facilement du furfurol au pentanetriol que j'ai déjà décrit.

Si l'on considère que l'oxyhydrofurane $\underbrace{CH^2-CH^2-CHOH-CH^2}_{O}$ se

(¹) R. Paul, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1428.

coupe par l'anhydride acétique à 125°, le tétrahydrofurylpropanol

$$HO(CH^2)^3-\underset{\lfloor______O______\rfloor}{CH-(CH^2)^2-CH^2}$$

à 150°; le lien oxydique dans l'alcool étudié paraît remarquablement stable. On pouvait alors se demander quelle serait l'action du magnésium sur le bromure de tétrahydrofurfuryle $\underset{\lfloor______O______\rfloor}{CH^2-(CH^2)^2-CH}-CH^2Br$ que l'on prépare avec un rendement de 75 pour 100 en faisant réagir un mélange de l'alcool précédent et de pyridine sur le tribromure de phosphore.

Les travaux de M. Hamonet ont établi en effet que les éthers-oxyde halogénés $RO(CH^2)nX$ ne donnaient de combinaisons magnésiennes que pour $n > 2$. Avec les éthers tels que $ROCH^2-CH^2X$, on obtient seulement un carbure éthylénique et un alcool

$$ROCH^2-CH^2X+Mg \rightarrow ROMgX+CH^2=CH^2.$$

En fait le bromure de tétrahydrofurfuryle réagit normalement sur le magnésium, et le dérivé magnésien, titré par la méthode de Job et Reich, se forme avec un rendement de 63 pour 100. Diverses synthèses ont établi que ce magnésien jouissait de propriétés normales : en particulier, par action de l'eau, on obtient le tétrahydrosylvane $\underset{\lfloor______O______\rfloor}{CH^2-(CH^2)^2-CH}-CH^3$ qui ne ne semble pas avoir été obtenu très pur jusqu'ici; c'est un liquide doué d'une odeur aromatique pénétrante, bouillant à 80° sous 761^{mm}; sa densité, $D^{21}_{15}=0,853$, et son indice de réfraction $n^{21}_D=1,40595$ lui assignent une réfraction moléculaire de 24,79 contre 24,73 calculée.

C'est là je crois le premier exemple d'une combinaison magnésienne normale donnée par un éther-oxyde-α halogéné.

Cependant si l'on évapore à sec une solution éthérée de bromure de tétrahydrofurfurylmagnésium, et que l'on maintienne le résidu à 110-115°, on observe une transposition moléculaire du magnésien en alcoolate magnésien par rupture du cycle hydrofuranique.

Par action ultérieure de l'eau, on peut isoler un liquide éthylénique bouillant à 139° sous 760^{mm} : c'est le pentène-4-ol-1, que j'ai caractérisé par sa transformation en allophanate fusible à 148°. Sa formation résulte de la

réaction

$$\begin{array}{l} CH^2\text{—}CH^2 \\ CH^2\diagdown\quad\diagup CH - CH^2.MgBr \\ \quad\; O \end{array} \xrightarrow{110^\circ} \begin{array}{l} CH^2\text{—}CH^2 \\ CH^2\diagdown\quad CH = CH^2 \\ \quad O - MgBr \end{array} \xrightarrow{H^2O} CH^2 = CH - (CH^2)^3OH.$$

Le rendement est de 50 pour 100 du bromure mis en œuvre.

Les constantes du produit obtenu ($D_{15}^{16} = 0,852$ et $n_D^{16} = 1,43216$), très légèrement différentes de celles que j'ai déterminées sur le penténol pur ($D_{15}^{15} = 0,848$ et $n_D^{15} = 1,4305$), font soupçonner la présence d'une impureté inséparable par rectification, probablement le cyclopentanol

$$\underbrace{CH^2(CH^2)^3.CHOH.CH^2}\qquad (Eb. = 139^\circ),$$

c'est ce que confirmerait la réfraction moléculaire du produit, 26, 19; valeur un peu inférieure à la valeur théorique 26, 34.

Mais des deux modes de rupture du pont oxydique

$$\underset{(I).}{\begin{array}{l} CH^2 - CH^2 \\ \overset{}{\underset{+}{C}H^2}\quad CH - \bar{C}H^2\overset{+}{Mg}Br \\ \qquad O^- \end{array}} \qquad \underset{(II).}{\begin{array}{l} CH^2 - CH^2 \\ CH^2\quad \underset{+}{C}H^2 - \bar{C}H^2\overset{+}{Mg}Br \\ O^- \end{array}}$$

le second, conduisant au penténol et de beaucoup le plus important, est également celui qui s'accorde le mieux avec ce que l'on sait de la tendance des carbones secondaires à perdre des électrons.

L'étude plus complète du passage du furfurol aux dérivés du pentane-triol-1.2.5 et du penténol, est entreprise.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les chlorosulfinates d'aryle et les sulfites d'aryle.* Note [1] de MM. **M. Battegay** et **L. Denivelle**, présentée par M. Delépine.

MM. P. Carré et D. Liebermann viennent de faire une Communication sur les chlorures d'acides arylsulfureux et sur les sulfites mixtes d'aryle et d'alcoyle [2], sans tenir compte d'une publication (*Comptes rendus*, 192,

---

[1] Séance du 5 décembre 1932.

[2] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 799.

p. 492) qui fournit pour la première fois les données d'une synthèse des chlorures d'acides arylsulfureux, en même temps qu'elle décrit une nouvelle préparation des sulfites d'aryle, indiquée à peu près à la même époque et indépendamment de nous, par Voss et Blank.

Nous donnions en particulier une description détaillée de la préparation et des propriétés du chlorosulfite de phényle, un liquide qui, contrairement aux indications de MM. Carré et Liebermann, est distillable sans décomposition à 94-96°, sous un vide de 13mm. Nous remarquions, d'autre part, que les indications publiées font partie d'un ensemble d'expériences dont la suite est encore en cours d'exécution.

GÉOLOGIE. — *Étude préliminaire de la géologie des îles Saint-Pierre et Miquelon.* Note de M. **E. Aubert de la Rüe.**

Les renseignements assez sommaires que l'on possédait jusqu'à présent sur la géologie des îles Saint-Pierre et Miquelon tendaient à attribuer à cet archipel une constitution très simple. J'ai pu récemment, au cours d'une mission dont m'avait chargé le Ministre des Colonies et le Muséum national d'Histoire naturelle, entreprendre la première étude géologique d'ensemble de ces îles et constater qu'elles sont au contraire d'une nature assez complexe.

Saint-Pierre, la Grande Miquelon et Langlade, les trois principales îles du groupe, diffèrent notablement les unes des autres au point de vue géologique.

L'île Saint-Pierre, d'origine éruptive, est en grande partie formée de rhyolites calco-alcalines, fréquemment albitisées et épidotisées et généralement accompagnées de tufs et de brèches rhyolitiques. Ces dernières roches ont une grande extension dans la partie méridionale de l'île, entre l'anse de Savoyard et la Tête de Galantry. Au milieu de ces roches acides apparaissent en divers points des types beaucoup plus basiques, sous forme de dykes ou de coulées épaisses. Ce sont en général des dolérites, particulièrement nombreuses dans la partie centrale de l'île et dans le Sud-Ouest.

Parmi les petites îles entourant Saint-Pierre au Nord et à l'Est, l'île aux Vainqueurs et l'île aux Pigeons sont exclusivement rhyolitiques. Des tufs de même nature, avec quelques enclaves granitiques, s'observent en outre sur l'île aux Marins, ainsi que plusieurs filons de dolérite. Au Grand Colombier, les rhyolites voisinent par contre avec une brèche quartzitique.

La Grande Miquelon comprend deux parties très différentes, reliées par une grève sur laquelle est construite le bourg de Miquelon. J'ai pu reconnaître que sa partie nord, qui correspond à la presqu'île du Cap, était formée principalement de terrains archéens, tandis qu'au Sud, la masse principale de l'île est en majeure partie volcanique.

La série archéenne de la presqu'île du Cap comprend des gneiss et des micaschistes, des quartzites micacés, des cipolins, divers types de schistes métamorphiques et des amphibolites. Cet ensemble, très plissé, se montre fréquemment injecté, soit par des roches acides, telles que des pegmatites. des aplites et des microgranites, soit par des roches plus basiques, allant des diorites et des gabbros aux dolérites et aux basaltes.

Immédiatement au nord du cap Blanc, en bordure du littoral, apparaît un lambeau de schistes satinés, en discordance sur les quartzites de la colline du Calvaire. Ces schistes, d'âge peut-être précambrien ou cambrien, ont été localement métamorphisés par un important massif de granite monzonitique plus récent, qui forme le cap Blanc et se prolonge au Nord sous les quartzites du Calvaire.

J'ai retrouvé les formations archéennes dans la partie sud de la Grande Miquelon, sur la rive orientale du Grand Étang. Il s'agit ici principalement de gneiss, de schistes et de quartzites amphiboliques, accompagnés de granites, de diorites et de dolérites.

Tout le reste de cette partie méridionale de l'île est occupé par un certain nombre d'éminences, correspondant en général à d'anciens volcans rhyolitiques, dont le plus caractéristique est le Chapeau de Miquelon. En bordure de la côte Sud-Ouest, près de la pointe de la Jument, les rhyolites sont accompagnées de tufs. Les basaltes et les dolérites ont une certaine extension entre l'étang du Chapeau et le Grand Étang. Ces roches basiques forment également de vastes affleurements dans l'Est, entre la pointe aux Soldats et le cap Vert.

J'ai pu reconnaître que la Petite Miquelon ou Langlade était surtout formée de terrains sédimentaires plissés, répartis en plusieurs bandes parallèles, allongées suivant une direction générale NE-SW, et appartenant à deux séries distinctes séparées par une discordance.

Parmi ces formations, il semble qn'il faille attribuer au Précambrien les phyllades verts constituant la partie méridionale de l'île, entre les Petites Pointes et le cap Coupé, de même que les quartzites allant de l'anse à Ross au cap d'Angeac.

Je range provisoirement, parmi les formations cambriennes, les dépôts

qui affleurent plus au Nord. Ce sont, d'une part, des schistes ardoisiers et plus rarement des calcschistes, très développés entre l'anse aux Soldats, où ils m'ont fourni quelques Trilobites, et l'anse du Sud-Ouest; d'autre part, des grès rouges, accompagnés d'arkoses, de conglomérats, de quartzites et de phyllades, comme à l'anse du Gouvernement et le long du cours inférieur de la Belle-Rivière.

Je dois signaler également à Langlade, la présence d'un massif de rhyolite, entre la rivière de l'anse aux Soldats et la Tête Pelée. Certaines portions du littoral, entre la Belle-Rivière et le cap aux Morts, sont formés de basaltes. Des épanchements analogues sont visibles au milieu des grès rouges, dans la partie nord de Langlade. Il faut citer enfin de nombreux dykes de dolérite en divers autres points du pays.

Au point de vue géologique, il y a lieu de rattacher à Langlade l'île Verte, à mi-distance de la côte de Terre-Neuve. Cette île et les îlots qui en dépendent sont en effet formés de phyllades précambriens.

Indépendamment des roches éruptives et des formations anciennes que je viens de signaler, il existe aux îles Saint-Pierre et Miquelon plusieurs catégories de dépôts récents. Les formations morainiques du Pléistocène, souvent très puissantes, y ont une grande extension. Les dépôts marins côtiers ont également une certaine importance et continuent à se former actuellement. Ce sont des levées de galets, du type de la grève de Miquelon, et des dunes sablonneuses comme l'isthme de Langlade, qui relie depuis la fin du XVIIIe siècle la Grande et la petite Miquelon.

Je citerai enfin l'extension considérable de la tourbe, sur tout l'archipel, et la présence de dépôts de vase à Diatomées dans plusieurs étangs de l'île Saint-Pierre.

HYDROLOGIE. — *La radioactivité des eaux du Ballon d'Alsace.* Note de MM. **R. Delaby**, **R. Charonnat** et **M. Janot**, présentée par M. A. Desgrez.

Au cours de recherches sur l'origine de la radioactivité des eaux minérales, nous avons montré [1], par l'exemple des sources de quelques sommets vosgiens, que des eaux superficielles, filtrant à travers un sol granitique, peuvent se charger de quantités d'émanation (10 à $63^{m\mu c}$ par litre), supérieures à celles qu'on trouve habituellement dans les eaux minérales fran-

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1434.

çaises. Mais, si l'on peut attendre d'eaux banales, issues du granite ou de roches analogues, une radioactivité importante, la valeur de celle-ci doit cependant varier beaucoup d'un granite à l'autre.

Nous nous sommes proposé d'étudier de plus près les sources d'un sommet, le Ballon d'Alsace, où nous avions trouvé, en 1931, des eaux fortement radioactives. Ce Ballon est, avec celui de Servance, le point culminant d'un massif granitique, formant, au sud de la Moselle, le flanc méridional des Vosges; le même granite à amphibole est apparent sur une trentaine de kilomètres et plonge au Nord-Ouest sous des couches triasiques; il reparaît dans les fractures de celles-ci, dans un réseau de vallées parallèles (Combeauté, Augronne, Semouse, Baguerol, Coney), au fond desquelles il laisse échapper des eaux radioactives; les plus connues sont celles de Plombières ($17^{m\mu c}$ par litre). Le Ballon d'Alsace offre, en outre, l'intérêt d'être constitué, en presque totalité, par la même roche (granite à très grands cristaux de feldspath, avec amphibole remplaçant plus ou moins le mica noir); la couverture sédimentaire qui, à Plombières, cache en grande partie le granite, est ici disparue; il n'en subsiste qu'un très petit lambeau témoin de grès au Ballon de Servance.

Nous avons examiné toutes les sources accessibles, en septembre 1932, à une altitude supérieure à 900^{m}, afin de ne recueillir que des eaux superficielles issues du granite exclusivement. Une carte, qui sera publiée dans un autre Recueil, indiquera l'emplacement exact des points d'eau choisis, lesquels se répartissent dans un cercle de 2500^{m} de diamètre.

Les dosages d'émanation furent effectués au plus tard 24 heures après les prélèvements, au moyen de la méthode d'ébullition et avec l'électroscope de Chéneveau et Laborde. Voici les teneurs en radon :

Toutes les eaux, sauf celles du Rahin, ont été recueillies au contact même du granite et au point le plus élevé où elles apparaissent au jour. Le Rahin prend naissance au col du Stalon, dans une épaisse couverture végétale qui forme éponge, où s'alimente aussi la Goutte du Stalon ; nous n'avons pu dégager cette couverture et nous avons prélevé l'eau dans la tourbière à 1^{m} de profondeur; cette eau, plus ou moins stagnante, accuse une faible radioactivité. L'eau de la Goutte du Stalon, prélevée à la même heure quelques mètres plus bas, mais au contact du granite, est déjà un peu plus radioactive, comme si le passage dans les fissures de cette roche l'avaient enrichie en émanation.

L'écoulement plus ou moins prolongé de l'eau sur le granite radioactif n'est pas la seule cause de variation de la teneur en émanation. On notera

l'écart important des taux d'émanation de la source Est de la Savoureuse, en 1931, après un été fort pluvieux, et en 1932, après un été sec; à trois jours d'intervalle, la même source révèle une variation qui dépasse largement les erreurs d'expérience (les deux mesures ont été faites avec le même appareil par le même expérimentateur). Il ne faut donc tenir compte que de l'ordre de grandeur des résultats déterminés à la même époque.

N°.	Source.	Altitude approximative du point d'eau.	Date du prélèvement.	Radon en mμc par litre.
		m		
1.	Source de la Savoureuse, branche Ouest...	1200	14-9-1932	93,1
2.	Source de la Savoureuse, branche Est.....	1200	18-9-1931	63,5
3.	» »	–	11-9-1932	82,5
4.	» »	–	14-9-1932	88,1
5.	Source Hôtel Stauffer....................	1178	18-9-1931	62,8
6.	Goutte de Morteville.....................	1175	14-9-1932	24,9
7.	Source haute du versant Ouest (près villa en ruine, hectom. 5 de la route du Ballon à Saint-Maurice)......................	1175	16-9-1932	44,1
8.	Source haute du versant Nord (ruisseau traversant la route près ferme de la Jumenterie)........................	1130	11-9-1932	46,4
9.	Source Grand Hôtel du Ballon............	1125	11-9-1932	24,0
10.	Source Grande Goutte....................	1070	20-9-1932	20,3
11.	Source Goutte de la Jumenterie...........	1060	11-9-1932	6,9
12.	Source Goutte du Stalon.................	950	20-9-1932	4,5
13.	Source du Rabin........................	950	20-9-1932	2,0
14.	Source de l'Alfeld......................	920	16-9-1932	0,7

Le tableau ci-dessus laisse apparaître une décroissance assez nette de la radioactivité avec l'altitude; cette règle est probablement fortuite; dans la mesure où la radioactivité de l'eau reflète la radioactivité de la roche, les écarts importants que nous observons révèlent une différenciation du magma granitique. Nos expériences montrent donc, au Ballon d'Alsace, un point, voisin du sommet, particulièrement riche en éléments radioactifs; cette teneur décroît lentement sur l'arête nord du massif, s'atténue vite dans les autres directions.

La source française indiquée comme la plus radioactive ($106^{m\mu c}$) est celle de Chateldon-Montagne (Allier) (1); des filonnets de quartz avec des minerais radioactifs ont été invoqués pour expliquer cette radioactivité élevée.

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1398.

Le Ballon d'Alsace nous fournit deux sources dont la radioactivité est à peine inférieure à celle-là et six autres dont la radioactivité dépasse 20^{mμc}, considérée déjà comme une valeur importante; la valeur la plus faible a été trouvée à la source de l'Alfeld, en un point du massif où les filonnets de quartz sont assez abondants. La dispersion de ces sources radioactives montre bien que c'est au contact du granite, loin de filons et de failles, qu'apparaît la radioactivité de l'eau; il est probable qu'on pourra trouver des sources analogues dans les nombreux massifs granitiques qui couvrent le sol français.

OCÉANOGRAPHIE. — *Le* pH *et le rythme des marées*. Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. L. Joubin.

En multipliant les facteurs qui règlent la bionomie des animaux et des plantes dans la région intercotidale, on a fini par oublier l'eau de mer elle-même : l'eau qui s'en va et l'eau qui revient et les qualités physico-chimiques différentes des courants de flot et de jusant, ce qui a conduit à la notion vague et confuse des faciès et sous-faciès.

De ce que le pH de l'eau de mer, et les relations du pH intérieur et du pH extérieur chez les êtres vivants représentent un élément capital, j'ai été conduit, pour la région du Croisic, à déterminer les variations, dans la zone des marées, de la concentration en ions hydrogène et des variables qui peuvent l'influencer.

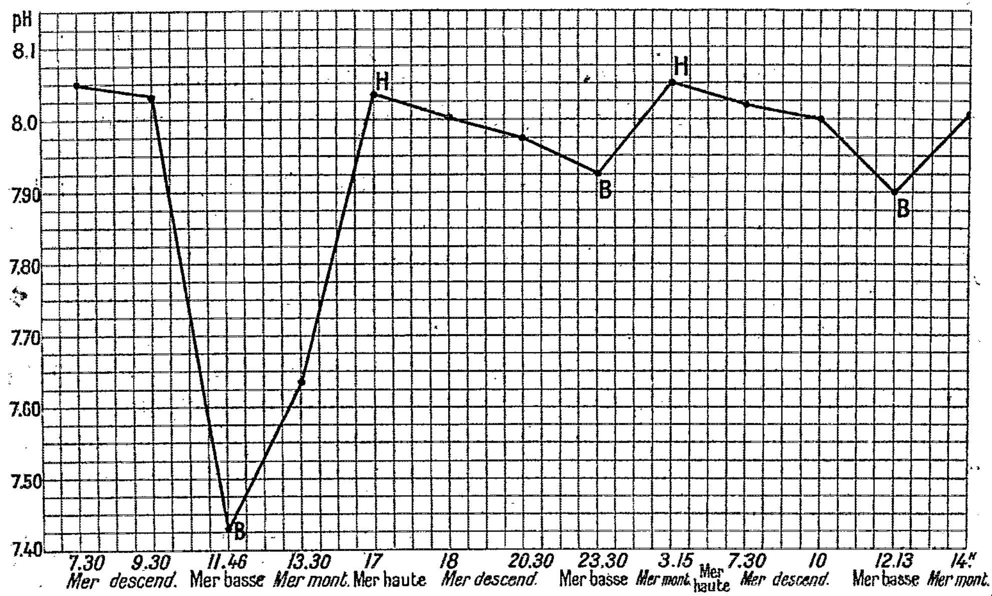
Je n'envisagerai, dans cette Note, que les relations globales de l'eau de mer avec le rythme des marées.

Tout d'abord, on constate facilement que le pH est plus bas aux basses mers qu'aux hautes mers (¹). Un grand nombre de déterminations en des endroits et faciès divers m'ont montré que le pH *suit la marée*; il suit une courbe descendante progressive avec le jusant, pour remonter avec le flot. Et l'on peut poser, comme règle générale, que *le* pH *monte avec la marée et descend avec elle*.

Voici, par exemple, une courbe de pH pendant 24 heures; les prises ont été faites de jour et de nuit, toutes les deux heures, dans le chenal du Croisic, à l'entrée de l'estacade, les 3 et 4 septembre 1932, pendant une grande marée (H : 56 et 0). La variation diurne à marée basse est, comme on le

(¹) Alphonse Labbé, *Ann. Inst. Océan.*, 12, v, 1932, p. 215-346.

voit, considérable; la variation nocturne est plus faible. Les cotes les plus basses sont à basse mer (B), les cotes les plus hautes à l'étale de haute mer (H) (chiffres corrigés pour l'erreur de sel). La même règle s'observe aux endroits les plus divers; j'ai pu la constater, non seulement dans le Traict, mais à la Grande Côte, à Port-Lin, au Grand-Autel, à Batz, aussi bien qu'à la jetée du Croisic. Les courbes, à grande marée, sont ordinairement plus accentuées qu'aux mortes-eaux, où les variations sont parfois très faibles; mais le courant de jusant a toujours un pH inférieur au courant de flot.



Graphique montrant les variations diurnes et nocturnes du pH dans la zone intercotidale : les heures en abscisses, les pH en ordonnées. H, étale de haute mer; B, étale de basse mer (grande marée des 3 et 4 septembre 1932).

J'ai observé le même rythme du pH en suivant pas à pas le cours de la marée sur un large espace, notamment de l'entrée du chenal du Croisic au trou des Baules, près Batz.

Nous pouvons donc considérer l'énoncé précédent comme une loi exprimant, au Croisic, le rythme de la marée; et il semble peu probable que la station du Croisic soit un cas particulier.

La densité et la salinité semblent suivre également la marée et dans le même sens (¹). Mais des modifications secondaires peuvent se produire

(¹) Densité et salinité ne sont pas rigoureusement synchrones.

avec d'autres facteurs, et cela pourrait expliquer le désaccord qui existe entre mes chiffres et ceux publiés par Legendre pour Concarneau (¹); d'après Legendre, le pH suit les heures du jour, et non la marée, et le pH maximum se trouve vers le milieu de la journée, quel que soit le sens de la marée; en examinant les chiffres de Legendre, on constate que le pH monte bien avec la marée vers 11^h, mais à marée descendante, continue à monter jusque vers 15^h, moment où le taux d'oxygène est maximum (²). J'estime, comme Legendre, que cette modification doit être attribuée à la photosynthèse. Mais celle-ci est fonction de la densité de la flore. Au Croisic, les déterminations ont été faites de telle sorte que la photosynthèse ne pouvait influencer le pH, et dans ce cas, le pH ne suit pas la courbe d'intensité lumineuse; il *suit la marée*. En revanche, (CO^2 total) intervient et l'abondance des bancs et parcs de coquillages dans le traict du Croisic abaisse considérablement le pH, tandis que la tension de l'acide carbonique s'élève.

Ce qui précède montre que, conformément aux idées anciennes de Vaillant et de Joubin, le rythme des marées tend à reprendre la première place parmi les facteurs bionomiques de la zone intercotidale.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Composante diurne du gradient de potentiel électrique au Val-Joyeux; variations de sa phase et de son amplitude*. Note de M. R. **Guizonnier**, présentée par M. Ch. Maurain.

Le présent travail se rapporte à l'étude de la composante diurne du gradient du potentiel électrique enregistré à l'Observatoire du Val-Joyeux, de 1925 à 1930 inclus. Cette composante a été isolée par la méthode d'analyse de M. Labrouste, à partir des données horaires publiées par l'Institut de Physique du Globe de Paris.

Il a été fait : 1° l'analyse des courbes données par les valeurs horaires jour par jour; 2° l'analyse des courbes données par les valeurs horaires mensuelles.

Pour la première analyse, les travaux antérieurs, en particulier ceux

(¹) R. Legendre, *Comptes rendus*, 155, 1922, p. 773.

(²) Nous ferons remarquer que dans la courbe ci-contre, le pH à la marée basse du milieu de la journée est, au contraire, *minimum*.

de M. Maurain, m'ont autorisé à ne pas utiliser les jours de pluie ou de neige. Laissant de côté les jours mauvais, j'ai pu conserver 54 jours en janvier, 82 en février, 41 en mars, 50 en avril, 42 en mai, 42 en juin, 36 en juillet, 64 en août, 64 en septembre, 31 en octobre, 26 en novembre et 38 décembre au cours des années étudiées.

Les courbes, représentant la composante diurne, obtenues à partir de ces deux analyses, donnent les résultats suivants.

Variations rapides. — L'analyse faite à partir des données jour par jour montre que la composante diurne du gradient de potentiel électrique présente au cours du temps des fluctuations d'amplitude nombreuses et notables, moindres cependant en été; les maxima d'amplitude ne paraissent pas être distribués régulièrement, mais les variations d'amplitude, de jour en jour, se font de façon continue.

La phase de la composante diurne varie peu en général dans le cadre d'un mois, mais subit une variation continue au cours de l'année, dont il sera parlé plus loin. Il existe cependant des cas curieux où la phase, pour quelques jours consécutifs, est en complet désaccord avec la phase relative aux jours qui précèdent ou qui suivent. Exemples : du 7 au 13 janvier 1925 et, moins nettement, du 9 au 13 juillet 1930.

Variations annuelles de la phase. — La figure 1 représente cette variation de phase : l'heure du maximum, portée en ordonnées, est fournie par la courbe diurne moyenne de chaque mois, celle-ci a été tracée à l'aide des résultats de l'analyse jour par jour. On trouve ainsi, *par ces calculs de moyennes*, que la phase de la composante diurne varie d'une manière progressive au cours de l'année : *le maximum qui a lieu vers 17 heures en janvier avance progressivement jusque vers 12 heures en juillet pour revenir à 17 heures en janvier.*

L'analyse faite à partir des valeurs horaires mensuelles donne les mêmes résultats sans les irrégularités dues à quelques points de la figure 1.

Variation annuelle de l'amplitude. — En utilisant les valeurs horaires mensuelles l'analyse a permis de tracer la courbe de variation annuelle de l'amplitude de la composante diurne. Cette courbe présentant quelques irrégularités, il en a été fait l'analyse qui a donné la courbe de la figure 2. Malheureusement une interruption de 3 mois d'observation en 1926 ne permet pas d'étudier, à ce point de vue, toutes les années choisies dans ce travail. Il a été porté en ordonnées, avec un choix d'axes arbitraire les valeurs fournies directement pour l'amplitude de l'analyse.

On peut donc dire que, *pour les années étudiées, l'amplitude de la composante diurne est minima en été et maxima en hiver* : l'écart moyen entre les

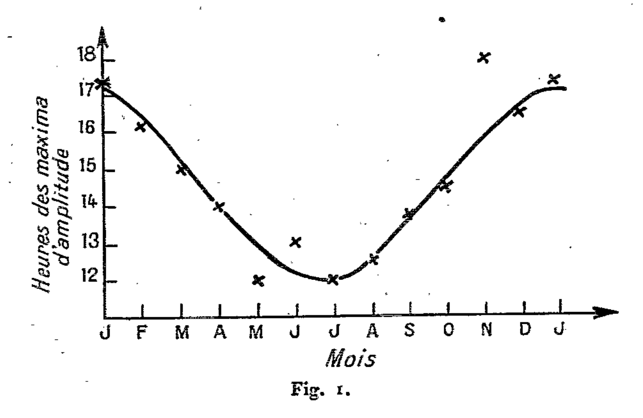


Fig. 1.

valeurs maxima et les valeurs minima a été trouvé de 15,7 volts par mètre.

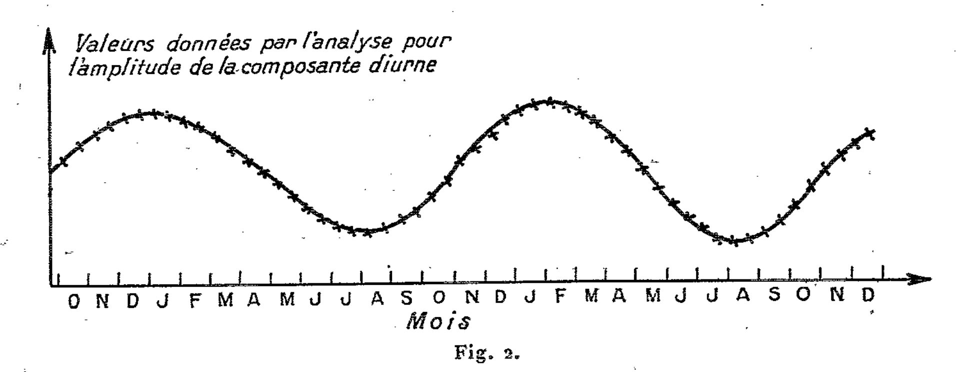


Fig. 2.

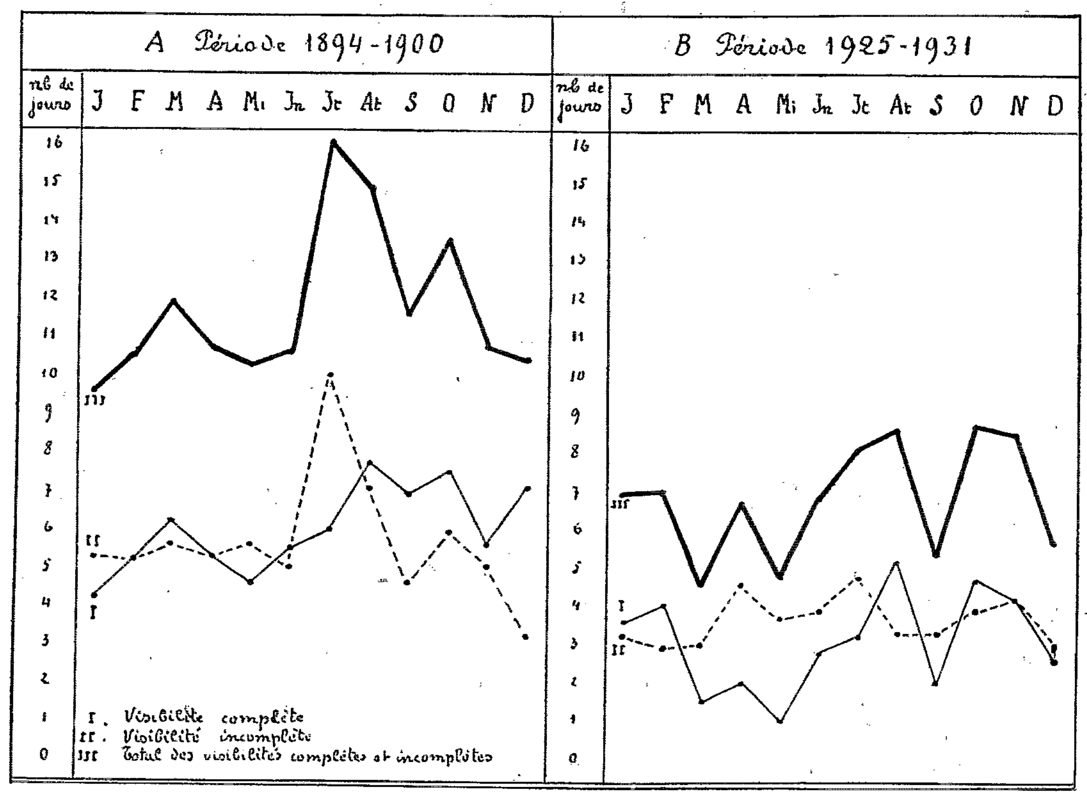
Les résultats ainsi obtenus sont à peu près d'accord avec ceux qui résultent de l'emploi des données jour par jour.

Cette étude, commencée sur les observations du Val-Joyeux, est actuellement poursuivie pour d'autres observatoires.

MÉTÉOROLOGIE. — *Obscurcissement progressif de l'atmosphère lyonnaise : La visibilité des Alpes.* Note de M. **André Allix**, présentée par M. Ch. Jacob.

Depuis plus de quarante ans, l'Observatoire de Fourvière note, jour par jour, la visibilité des Alpes, et il m'a paru qu'on pouvait trouver là les éléments d'une comparaison d'époques.

D'accord avec le Directeur de l'Observatoire, M. C. Limb, j'ai prié M. Isidore J. Marthoud, de recueillir ces données et d'en établir le tableau. C'est le mont Blanc, très saillant, très isolé sur l'horizon, impos-



Visibilité du mont Blanc à l'Observatoire de Fourvière, moyennes mensuelles pendant les périodes 1894-1900 et 1925-1930.

sible à méconnaître, qui a été pris comme point de repère; sa distance à l'Observatoire est de 160 km.

L'examen critique des résultats nous a conduit à éliminer plusieurs séries douteuses. Mais la série la plus récente, 1925-1931, restait solide, et nous avons pu retenir pour la comparaison une autre série de sept années, plus vieille de trente ans, la série 1894-1900. M. Marthoud a bien voulu se charger d'établir, dans le cadre que je lui ai indiqué, le graphique ci-dessus résumant les observations jour par jour.

Il paraît probable que la baisse de transparence de l'air doit être attribuée surtout à la teneur croissante de l'atmosphère en particules

solides suspendues, dont le délai de chute au sol peut varier de quelques jours à plusieurs mois, et qui embuent souvent l'horizon d'un voile bleuâtre par réflexion, rougeâtre par transparence. C'est une forme de la vase atmosphérique, celle qui est due aux poussières résiduelles, et que les auteurs anglais appellent le « dust horizon »; on sait qu'elle n'est pas sans action sur la formation des brouillards de toute sorte.

Ainsi, dans son ensemble, l'atmosphère lyonnaise s'est considérablement obscurcie depuis trente ans, en même temps que s'accroissait la consommation du charbon. Le nombre des jours d'horizon clair est, dans la période récente, moins de deux fois ce qu'il était il y a trente ans. On notera l'analogie de ce résultat avec ceux qu'a donnés l'observation de la teneur de l'atmosphère en soufre dans la région de Liége en 1899 et en 1931 (1).

PALÉOBOTANIQUE. — *Observations sur les Cladoxylées de Saalfeld.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. L. Mangin.

Les *Cladoxylon* sont des végétaux possédant une structure caractéristique, trouvés par Richter dans les schistes à Cypridines de Saalfeld et décrits par Unger en 1856. J'ai annoncé en 1908 que les *Cladoxylon* étaient des stipes de Fougères, voisines des Zygoptéridées et qu'ils avaient porté des pétioles de *Clepsydropsis* (*Comptes rendus*, 147, 1908, p. 945; *Assoc. Fr. Av. Sc.*, Dijon, 1911; Le Havre, 1914). Le système vasculaire des *Cladoxylon* comprend un grand nombre de lames ligneuses rayonnantes (12 à 24), chacune pourvue d'une boutonnière à son extrémité externe. Cette boutonnière est l'aspect que présente en section transversale un faisceau primitif oval, comprenant des fibres primitives, des éléments de protoxylème et des trachéides scalariformes.

Les *Clepsydropsis* offrent la même structure, mais leur système vasculaire se réduit à une seule lame ligneuse, pourvue d'une boutonnière à chaque extrémité. Malheureusement, on n'a jamais réussi à trouver ces stipes et ces pétioles en connexion directe.

---

(1) Observations de M. Prost, citées par M. J. Firket, dans son rapport sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse lors des brouillards de décembre 1930, *Bull. Acad. Roy. Méd. Belgique*, 19 décembre 1931, p. 728-729. Le soufre a été dosé sur de la neige fraîche, en grammes de SO^3 par litre d'eau de fonte.

A la suite d'études plus complètes, exécutées grâce à une subvention de la Caisse des Recherches scientifiques, je constatai (1914) que trois espèces distinctes de *Cladoxylon : Cl. tæniatum*, *Cl. radiatum* et *Cl. Solmsi*, se ramifiaient en donnant naissance à des *Hierogramma* (¹). Je crus devoir conclure, comme Solms-Laubach l'avait fait en 1896, que les *Hierogramma* étaient les pétioles primaires des *Cladoxylon* et que les *Clepsydropsis* devaient appartenir à quelque Zygoptéridée encore inconnue!

La guerre ne me permit pas de publier les documents que j'avais rassemblés sur les Cladoxylées. Mais, en 1930, le professeur B. Sahni, de Lucknow, reprit délibérément mon opinion de 1908 et ne cessa depuis lors d'affirmer que les pétioles primaires de *Clepsydropsis* de Saalfeld appartiennent bien aux *Cladoxylon*, avec lesquels ils sont associés.

J'ai fini par me ranger à la manière de voir de B. Sahni. J'ai constaté, en effet, récemment, qu'il y a identité de structure : 1° entre les faisceaux primitifs de *Clepsydropsis exigua* et *Cl. antiqua* et ceux de *Cladoxylon mirabile*; 2° entre ceux de *Clepsydropsis excelsa* P. B. *nov. sp.* et ceux de *Cladoxylon tæniatum*. Un troisième *Clepsydropsis* offre les caractères du *Cladoxylon Solmsi*.

La connexion entre les pétioles de *Clepsydropsis* et les stipes de *Cladoxylon* est donc aujourd'hui démontrée par des arguments anatomiques irréfutables. Cette découverte entraîne des conséquences importantes :

1° Les *Cladoxylon* sont des stipes émettant des ramifications multiples : les unes avec la structure des *Hierogramma*, les autres avec la structure des *Clepsydropsis*;

2° Les *Hierogramma*, qui possèdent 8 à 10 lames ligneuses rayonnantes, en se ramifiant donnent les *Syncardia* plus simples (4 à 6 faisceaux seulement). Les *Hierogramma* et les *Syncardia* ont une symétrie bilatérale; ils réalisent tous les intermédiaires que l'on peut souhaiter entre un stipe à structure dorsiventrale et un pétiole primaire de *Clepsydropsis*, qui ne renferme que deux faisceaux primitifs, ou même un pétiole primaire de Zygoptéridée qui en renferme quatre.

3° L'*Asteropteris noveboracensis* Dawson du Dévonien supérieur du Canada, dont le stipe émet des traces foliaires quadripolaires, fait partie de la famille des Cladoxylées.

4° Chez tous les *Cladoxylon*, à l'exception de *Cl. radiatum*, les lames de

(¹) Il en est de même du *Cladoxylon mirabile*. L'*Arctopodium insigne* est un *Hierogramma* appartenant à *Cl. mirabile*.

bois primaire sont tapissées sur tout leur pourtour par un bois secondaire très développé. Ce bois secondaire est très réduit ou nul dans les *Hierogramma* et les *Syncardia*, mais on le retrouve encore sur les flancs de la lame ligneuse des *Clepsydropsis*.

5° Les Cladoxylées sont plus primitives que les Zygoptéridées; elles sont voisines de la souche mère des Zygoptéridées. Ce sont les Fougères les plus primitives que l'on connaisse; ce sont aussi les plus anciennes, car Kraüsel et Weyland ont constaté qu'elles apparaissaient dans le Dévonien moyen d'Elberfeld. Le gisement de Saafeld appartiendrait au Dévonien supérieur.

6° Enfin la structure des faisceaux primitifs (*boutonnières* ou *boucles périphériques*) des Cladoxylées offre des analogies avec les Sphénophyllées et les Calamariées. C'est là un indice sérieux d'affinités entre les Filicinées anciennes et les Articulées.

BOTANIQUE. — *Sur les mouvements et la croissance des pédoncules floraux de* l'Ipomœa purpurea. Note (¹) de M. **St. Jonesco**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une précédente Note (²) nous avons montré que les pédoncules floraux de l'*Ipomœa purpurea* effectuent des mouvements extrêmement actifs en imprimant aux fleurs des directions variées dans l'espace. Il n'y a pas lieu d'insister ici sur les causes qui leur donnent naissance, mais on ne saurait s'abstenir de relever le rapport étroit existant entre ces mouvements et la croissance de ces organes. En effet, les mouvements les plus vifs et de plus grande amplitude correspondent aux stades de croissance les plus importants de ces pédoncules.

Pour se faire une idée du mode de croissance de ces organes nous reproduisons dans le tableau ci-après les allongements et les variations journalières de la vitesse de croissance de ces mêmes trois fleurs dont nous avons étudié les mouvements dans la Note antérieure.

Les mesures commencées le 10 août 1932 ont été continuées jusqu'au 22 du même mois, date à laquelle la croissance est achevée.

(¹) Séance du 21 novembre 1932.
(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 819.

Mois d'août 1932.	Allongement du pédoncule floral 1.	Variations de croissance.	Allongement du pédoncule floral 2.	Variations de croissance.	Allongement du pédoncule floral 3.	Variations de croissance.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	2	0,5	3	1	1,5	0,5
11	2,5	0,0	4	1	2	1
12	2,5	0,5	5	1	3	0,5
13	3	1	6	1	3,5	1,5
14	4	1,5	7	2	5	2
15	5,5	0,5	9	3	7	3
16	6	6	12	3	10	1
17	12	4	15	4,5	11	3
18	16	1,5	19,5	0,5	14	1,5
19	17,5	0,5	20	0	15,5	0,5
20	18	0,5	20	0	16	2
21	18,5	0	20		18	0
22	18,5				18	

En représentant graphiquement la marche du phénomène on obtient les courbes figurées eu 1 et 2 qui nous montrent la croissance totale et la grande période de croissance des pédoncules floraux.

En examinant les chiffres du tableau et les graphiques, nous constatons

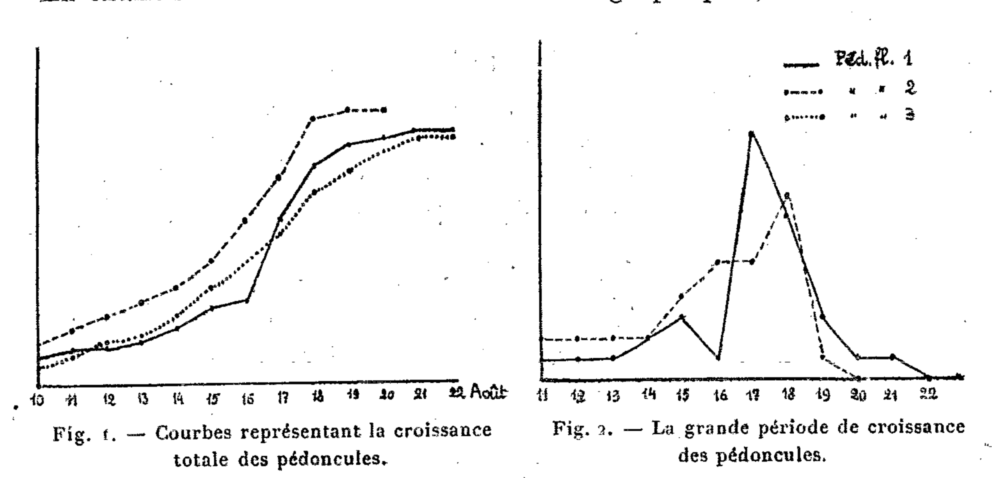


Fig. 1. — Courbes représentant la croissance totale des pédoncules.

Fig. 2. — La grande période de croissance des pédoncules.

que la croissance des pédoncules floraux de cette espèce s'accomplit et suit les mêmes lois de la croissance, en général. La courbe de la croissance totale se présente en forme de S, de même que celle obtenue pour l'allongement des racines et des tiges. Quant à la grande période de croissance de ces organes, on voit que la vitesse de croissance est faible dans les quatre

premiers jours; elle augmente après peu à peu pour passer par un maximum et diminue ensuite pour devenir nulle; la croissance est alors terminée. Nous nous contenterons pour le moment de ces constatations, nos recherches sur ce phénomène seront amplement exposées dans un prochain travail.

En ce qui concerne la marche et la forme des mouvements fournis par les

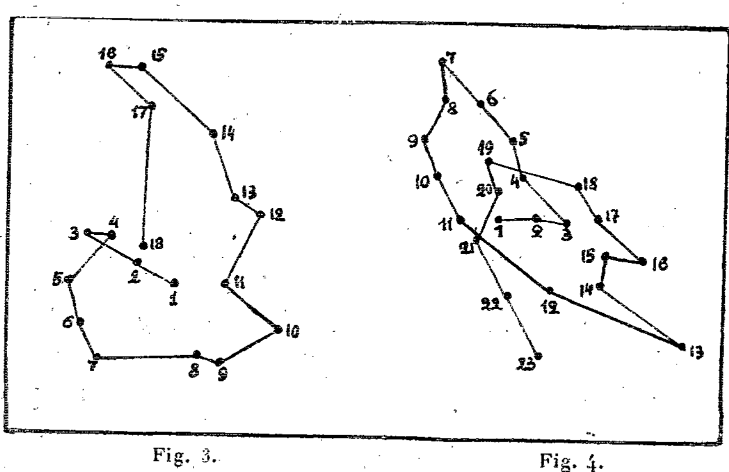


Fig. 3. Fig. 4.

pédoncules, il ressort, d'après la projection perpendiculaire et l'étude du phénomène, suivant la méthode de Darwin, qu'il faut les ranger dans la catégorie générale des mouvements de *circumnutation*.

Nous représentons l'allure des mouvements de deux fleurs non épanouies; en figure 3, on voit le diagramme d'une fleur fixée sur un axe florifère. Il y a lieu de distinguer ici le mouvement du pédoncule floral accompagné de celui de l'axe florifère. La figure 4 nous montre le diagramme d'une seule fleur insérée directement sur la tige principale. En conséquence, on a ici affaire au mouvement d'un pédoncule floral isolé.

Il se dégage de ces recherches les conclusions suivantes :

1° Les pédoncules floraux de l'*Ipomœa purpurea* s'allongent d'après les mêmes lois établies pour les organes qui croissent en longueur;

2° Il y a une relation étroite entre les mouvements de ces pédoncules et les phases les plus marquées de leur croissance;

3° Ces mouvements s'exécutent sous la forme hélicoïdale et présentent les caractères généraux du phénomène de circumnutation effectué par les tiges de cette plante.

BOTANIQUE. — *Sur la structure de la membrane des Euglènes du groupe* Spirogyra. Note de M. **Marcel Lefèvre**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours de l'été dernier, nous avons récolté dans la Mare de la Ferme Nationale (Parc de Rambouillet) un plancton dans lequel *Euglena fusca* (Klebs) Lemm. se trouvait très abondant. Ceci nous a permis d'en faire une étude détaillée dont voici les principaux résultats.

La cellule vivante est fusiforme, très régulièrement acuminée vers l'extrémité caudale et fortement aplatie. Elle se courbe en tous sens et peut se raccourcir mais sans jamais prendre la forme d'une toupie comme le font de nombreuses autres espèces. Les chloroplastes sont discoïdes; deux gros anneaux de paramylon et de petits grains de même substance sont toujours présents dans la cellule. Le noyau est peu visible sans coloration.

La constitution de la membrane a surtout retenu notre attention. Un certain nombre de cellules ayant été accidentellement abandonnées en milieu septique furent désagrégées par les bactéries. La membrane se dissocia en un grand nombre de lanières portant chacune une rangée de protubérances ornementales. Vues à un fort grossissement (obj. 1/16 imm. homog. oc. $\times$ 10), ces protubérances présentent une structure assez compliquée. En projection horizontale, elles sont carrées ou rectangulaires, légèrement triangulaires au voisinage du flagelle. En projection verticale, elles donnent l'impression de petits tubes superposés surmontés d'une couronne de fibrilles cunéiformes s'épanouissant en éventail. Ces petits organes sont colorés en brun et c'est surtout à leur présence que l'*E. fusca* doit sa coloration.

Les protubérances ornementales sont très rapprochées et les épanouissements semblent presque se toucher. Enfin, toute la cellule, protubérances comprises, nous paraît être enfermée dans une seconde membrane très fine et transparente qui doit disparaître dans certaines conditions encore indéterminées.

Lorsqu'on écrase délicatement entre lame et lamelle une *E. fusca*, les organes ornementaux se détachent et la membrane apparaît alors presque incolore, garnie de files de perforations séparées par de très fines stries longitudinales. Nous pensons donc comme Deflandre l'avait mis en évidence à propos de *Phacus hispidula*, que ces protubérances sont des productions d'un mucus spécial ayant filtré à travers les pores de la membrane et ceci

confirme entièrement les vues de P.-A. et P. Dangeard sur le rôle important joué par l'appareil mucifère chez les Eugléniens.

Nous avons cherché à reconnaître chez *E. spirogyra* une organisation semblable des protubérances ornementales. Nos recherches ont été vaines. Chez cette dernière espèce, les protubérances sont également carrées ou rectangulaires, vues en projection horizontale, mais elles ne sont surmontées d'aucun épanouissement. Elles sont aussi beaucoup plus espacées que chez *E. fusca*, et beaucoup moins colorées.

Cette différence de nature des protubérances ornementales semble donc fournir un caractère spécifique certain pour la distinction des deux espèces. Elle nous a en outre permis de préciser leurs limites de dimensions. Nous avons, en effet, examiné de très nombreuses cellules provenant de localités extrêmement éloignées (France, Espagne, Afrique). Toutes celles dont la longueur était comprise entre 170 et 200^{μ} étaient fortement colorées et portaient l'ornementation du type fusca. Au contraire, toutes les cellules comprises entre 80 et 130^{μ} étaient très faiblement colorées et portaient l'ornementation du type spirogyra. Les dimensions $80\text{-}225^{\mu}$ données par Lemmermann pour *E. fusca* nous paraissent donc erronées. Il n'est cependant pas impossible qu'il existe une variété minor de *l'E. fusca*, parallèle aux variétés minor *d'E. oxyuris* et *d'E. spirogyra*. Ses dimensions restent à délimiter.

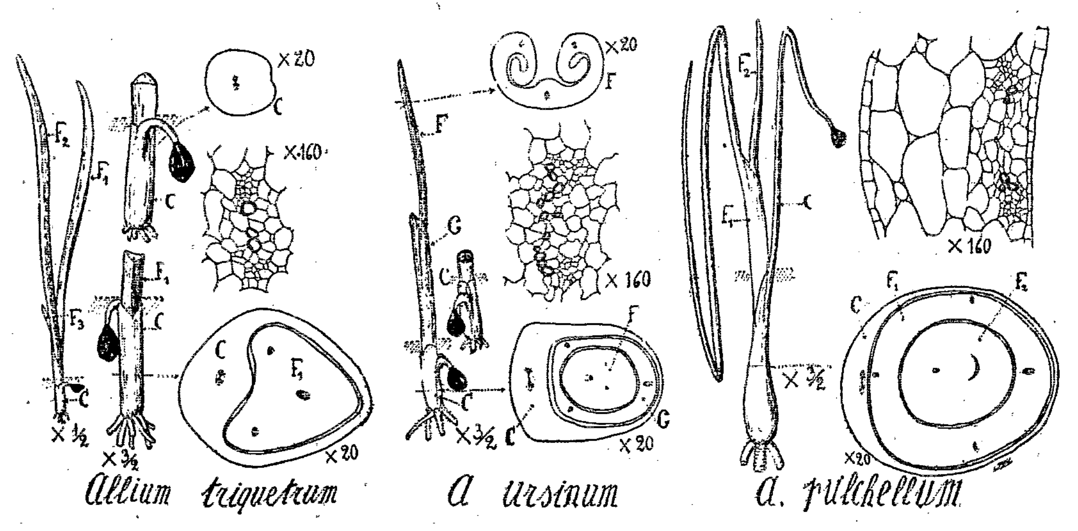
ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Diversité de types de plantules chez les Ails* (Allium). Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. L. Blaringhem.

Le genre *Allium*, comptant environ 300 espèces, paraît naturel et cohérent si l'on en juge seulement par les caractères de l'inflorescence et du fruit. Néanmoins, il présente des modes de germination bien différents.

La plupart des espèces fournissent des plantules à *cotylédon épigé*. La base longuement engaînante du cotylédon est surmontée d'une très longue partie aérienne, verte, ressemblant à un limbe foliaire; elle porte la graine à son extrémité généralement recourbée. De la gaine cotylédonaire sortent plusieurs feuilles, engainantes à la base, et toutes pourvues de limbes verts bien développés. Telles sont, par exemple, les plantules d'*A. Porrum* L., *Cepa* L., *Schœnoprasum* L., *pulchellum* Don, *globosum* Red., *ledebourianum* Schult., *odorum* L., *neapolitanum* Cyr., etc. (cf. figure à droite).

Mais un petit nombre d'autres espèces donnent des plantules à *cotylédon*

hypogé. La portion engainante du cotylédon est seule développée; elle est incolore, et surmontée d'une très courte partie cylindrique, pleine, recourbée, qui porte la graine également hypogée. Les feuilles faisant suite au cotylédon sont seules munies d'un limbe vert. Telles sont les plantules d'*A. narcissiflorum* Vill., *A. triquetrum* L., etc. (cf. figure à gauche).



Plantules d'Ails de types différents : forme extérieure des plantules, coupes au niveau de la gaine cotylédonaire, anatomie vasculaire du cotylédon. (C, cotylédon; G, feuille en forme de gaine; F, feuille avec limbe.)

Allium ursinum L. possède un cotylédon également hypogé, mais il est muni de deux oreillettes. Et de plus, la première feuille faisant suite au cotylédon est réduite à une longue gaine mince et incolore, vue déjà par Irmisch et par Raunkiaer; la deuxième feuille seulement est pourvue d'un limbe vert (voir figure, au milieu). Rimbach [1], qui avait pourtant dessiné cette plantule, n'avait pas observé sa gaine si particulière, très rare chez les Liliacées, et rappelant celle de certaines Iridées (*Romulea*, *Gladiolus*).

A ces plantules de types divers correspondent des différences dans les bulbes adultes. Ainsi, aux plantules du premier type correspondent des bulbes produisant des tuniques, ordinairement, toutes porteuses de limbes verts, tandis que, chez les Ails à plantules du deuxième type, à cotylédon sans limbe, le bulbe produit, avant les feuilles vertes, une gaine à peu près dépourvue de limbe. L'analogie constante que j'ai observée déjà chez les

[1] A. Rimbach, *Ber. d. deusch. bot. Gesells.*, 15, 1897, p. 248 et pl. VIII.

Scilles et chez beaucoup de Liliiflores, entre la germination et le mode de développement de la plante adulte (1), se retrouve donc à nouveau chez les Ails.

Dans les anciens genres *Scilla* et *Hyacinthus*, de telles différences entre les types de plantules m'avaient amené à partager ces groupes polymorphes en genres distincts. Mais ces différences morphologiques étaient encore accentuées par la diversité des structures anatomiques. Au contraire, chez les Ails, les cotylédons présentent à peu près le même type d'appareil vasculaire, malgré la diversité de leurs types morphologiques. Cette structure est définie, comme l'avait déjà observée E. Sargant, par l'existence de deux faisceaux seulement, très rapprochés (voir figure). Ce fait confirme l'unité du genre *Allium*.

Cependant, les sections entre lesquelles G. Don, dès 1826, avait réparti les nombreuses espèces d'*Allium*, pour simple raison de commodité, sont assez artificielles. Elles restent pourtant encore adoptées, malgré quelques essais partiels d'utilisation taxinomique de caractères tirés de l'anatomie des tuniques et des feuilles, des cellules à raphides, ou de l'embryogénie (2). Les types de plantules que j'ai observés se rencontrent indifféremment dans les diverses sections; ainsi la section *Molium* renferme à la fois les trois types. Il me paraît donc indispensable d'utiliser la comparaison des plantules et des bulbes, pour répartir les espèces du grand genre *Allium* en sections naturelles.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La concentration des ions comme facteur de la résorption.* Note de M. **Michel Gračanin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Contre l'opinion générale sur le rôle de la concentration des sels dans la nourriture des plantes, S. Kostyschew (3) a publié récemment que la concentration des solutions du sol n'a aucune importance prononcée, car les

(1) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10, VIII, 1926, p. 299; 13, 1931, p. 276-299; *Bull. du Mus.*, 2, II, 1930, p. 698, et III, 1931, p. 176; *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 74 et 750.

(2) E. Regel, *Alliorum adhuc cognitorum monographia*, Petropolis, 1875; 266 pages; K. Krause; *Liliaceæ*, in A. Engler, *Pflanzenfamilien*, 15*a*, Leipzig. 1930, p. 318; Johanna (Giovanna) Menz, *Stz. Akad. Wiss. Wien*, 119, 1910, Abt, 1, p. 475-553; *Arch. Bot., Ist. Bot. Modena*, 1, 1925, p. 170.

(3) S. Kostyschew, *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*, 2, 1931, p. 114.

plantes résorbent les mêmes quantités de sels des solutions très diluées et des solutions relativement concentrées. En raison de son importance, la question méritait un nouvel examen.

Nous rapporterons les résultats que nous avons obtenus en étudiant *la dépendance de la rapidité de résorption des ions phosphoriques et de leur concentration dans des solutions de phosphate monocalcique* et en déterminant le coefficient d'utilisation de ces ions à partir de solutions différemment concentrées.

Les essais ont été faits avec des cultures liquides. Comme substrat nutritif on a employé des solutions de phosphate monocalcique dont la concentration variait entre 0 et 0,1 pour 100 de P^2O^5. On a employé des solutions pures de phosphate afin d'éliminer l'action interférente des autres électrolytes nutritifs. Dans chacun des vases de végétation, contenant 100^{cm^3} de solution phosphatique, on a mis six plantes d'*Hordeum distichum* âgées de 8 jours, ou deux plantes de *Zea mays*. Ces plantes avaient d'abord été élevées dans du sable pur.

La quantité relativement petite de solution de phosphate et la grande superficie d'absorption des racines ont été utilisées à dessein pour que les changements de concentration des ions phosphoriques pendant les temps d'essai soient aussi grands que possible. La détermination de ces changements de concentration a été mesurée après 24 heures et après 5 jours, par l'emploi de la méthode colorimétrique de Bell-Doissy-Briggs (¹).

Le Tableau I résume les résultats obtenus :

TABLEAU I.

Plantes essayées.	Changement de concentration après.	De 100^{cm^3} de solution en pour 100 de P^2O^5. 0,001.	0,005.	0,010.	0,050.	0,100
		Résorbés en milligrammes P^2O^5 :				
Hordeum distich.	24 heures....	0,532	1,16	3,44	11,6	16,8
	5 jours.....	1,00	3,26	6,56	26,91	49,58
Zea mays	24 heures....	0,468	1,67	3,34	14,3	23,2
	5 jours.....	1,00	3,00	6,08	25,0	47,4

Ces résultats montrent : 1° que *la grandeur de la résorption* des ions phosphoriques par les racines des plantes essayées *dépend de la concentration de ces ions et qu'elle croît avec la concentration entre* 0 *et* 0,1 *pour* 100 *de* P^2O^5 ;

(¹) A. P. BRIGGS, *Journ. of Biol. Chem.*, 53, 1922, p. 13.

2° que la résorption obtient son résultat maximum d'intensité dans les premières 24 heures; pendant les 4 jours suivants, la quantité des ions phosphoriques résorbée est presque équivalente à celle qui a été résorbée pendant les premières 24 heures; 3° que les jeunes plantes *Hordeum distichum* et *Zea mays* peuvent résorber une quantité d'ions phosphoriques plus grande que leur besoin physiologique l'exigerait.

En calculant les proportions d'ions phosphoriques résorbées en pour 100 des ions de phosphate disponibles, nous avons trouvé pour *Hordeum distichum* et *Zea mays*, après 5 jours, les nombres suivants :

TABLEAU II.

Plante d'essai.	Concentration en P^2O^5 pour 100 de solution. 0,001.	0,005.	0,010.	0,050.	0,100.
	Résorbé en milligrammes P^2O^5 :				
Hordeum distichum......	100	65,2	65,2	53,8	49,5
Zea mays...............	100	60,0	60,8	50,0	47,4

De ces données il résulte que le *coefficient économique obtient la valeur maxima dans la concentration la plus basse*. Avec l'augmentation de la concentration de 0,001 à 0,005 pour 100 de P^2O^5, ce coefficient tombe rapidement et reste ensuite stationnaire jusqu'à la concentration de 0,01 pour 100, après quoi sa valeur diminue.

Ces résultats rappellent les lois générales d'action des doses croissantes de sels sur la production de la matière végétale (G. Bertrand et M. Javillier) (¹).

Ainsi, les recherches sur la résorption dans de brefs intervalles de temps parlent en faveur de la thèse que le phénomène est soumis aux lois physico-chimiques ordinaires de la sorption.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la gelée de l'œuf de* Phallus impudicus. Note de MM. **H. Colin** et **M. Quillet**, présentée par M. Molliard.

La volve, très épaisse, de ce champignon renferme, entre ses deux feuillets, une gelée jaune pâle, hyaline, sillonnée de fins filaments. D'abord

(¹) G. Bertrand et M. Javillier, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 225, 900 et 1337; *Annales de l'Institut Pasteur*, 26, 1912, p. 241.

consistante, cette matière se fluidifie peu à peu, à mesure que le champignon se développe, surtout après éclatement de l'œuf.

Elle est, en tout état de choses, soluble dans l'eau pure, même à froid, en une liqueur acide, *lévogyre*, extrêmement visqueuse, d'où elle est reprécipitée par l'alcool, les sels des métaux lourds, les bases alcalino-terreuses, et par les acides forts. Elle renferme, dans le champignon frais, 98 pour 100 d'eau et laisse jusqu'à 20 pour 100 de cendres, *très alcalines*, où domine le potassium. Il n'y a qu'un moyen pratique de la déminéraliser, c'est de la dialyser à l'état très divisé, en milieu acide : après quelques jours d'immersion dans HCl à 5 pour 100 et lavage à l'eau, elle retient moins de 1 pour 100 de cendres. Séchée et pulvérisée, elle se présente alors sous forme d'une poudre blanche, très acide, insoluble dans l'eau pure, à moins d'être partiellement neutralisée.

Les liqueurs ainsi préparées, parfaitement limpides, même si leur pH n'est pas supérieur à 4, ont un pouvoir rotatoire voisin de — 95°.

Prélevée sur des champignons jeunes, avant le déchirement de la volve, la gomme n'est pas réductrice. Elle le devient par ébullition prolongée de sa solution aqueuse, en même temps que l'acidité croît et que la viscosité diminue. En milieu acide (SO^4H^2 à 2 pour 100) l'hydrolyse est achevée en une heure et ne laisse qu'un résidu de peu d'importance. La liqueur est alors faiblement *dextrogyre*. Neutralisée par CO^3Ba, elle retient du baryum en abondance, sous forme de sel organique qui précipite par affusion d'alcool. Purifié, remis en solution et décomposé par SO^4H^2, ce sel donne une liqueur acide, réductrice, même à froid, réagissant avec la naphtorésorcine chlorhydrique à la façon des acides uroniques.

Le fait que la gelée de *Phallus*, traitée à chaud par HCl à 12 pour 100, dégage 14,5 de CO^2 pour 100 du poids sec et du furfurol en quantité, ne permet aucun doute sur sa constitution uronique. Cependant l'hydrolysat renferme, en outre, une petite quantité d'un sucre réducteur qu'il est facile de séparer de l'uronate de baryum au moyen de l'alcool. Ce sucre est du mannose vraisemblablement; il a un pouvoir rotatoire voisin de 14, une hydrazone insoluble, fondant au bloc à 193°, une osazone en balais ayant les caractères de la glucosazone.

Il y a de plus, dans la gomme, un groupement éther-sel; elle donne facilement un iodure lorsqu'on l'attaque suivant le procédé de Zeisel, par l'acide iodhydrique. On peut suivre aisément la saponification en liqueur légèrement alcaline. Après ce traitement, la gomme n'en conserve pas moins ses réactions de précipitation, mais elle ne donne plus d'iodure.

Les diastases des matières pectiques, poudre de Luzerne germée, de *Sterigmatocystis nigra*, suc hépatopancréatique d'escargot, ce dernier surtout, attaquent plus ou moins profondément la gelée de *Phallus*. Le ferment le plus actif est celui qui apparaît, à la maturité de l'œuf, dans les feuillets de la volve; quelques heures lui suffisent, à 35°, pour liquéfier la gomme avec formation de sucre réducteur et de produits uroniques plus ou moins dépolymérisés. Il hydrolyse facilement la pectine de Betterave mais reste sans action sur l'algine.

Ces propriétés font de la gomme de *Phallus* un produit très spécial, dont on n'avait pas trouvé encore d'analogue, et qui paraît tenir à la fois de l'algine et des matières pectiques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'exsudation des alcaloïdes de* Lupinus albus. Note de M. **J. Chaze**, présentée par M. Molliard.

Dans nos précédentes recherches sur la biologie des alcaloïdes du Tabac ([1]), nous avons démontré aux points de vue histochimique et expérimental, qu'il se formait à la face externe des épidermes des exsudats de nature alcaloïdale, qui étaient ensuite volatilisés dans l'atmosphère. Les recherches que nous exposons ici ont pour objet d'établir qu'il existe une exsudation analogue chez *Lupinus albus*.

A. Guillaume ([2]) a déjà montré qu'il existait à la lumière un passage des alcaloïdes dans l'eau de macération des graines de *Lupinus variabilis*; les expériences tentées par cet auteur ne lui avaient pas permis d'affirmer que la sortie des alcaloïdes se poursuivait dans la plante en voie de développement, nos examens nous permettent de confirmer la première partie de ces recherches et de compléter les autres.

Les divers aspects que présente l'exsudation dans le Lupin, ne peuvent être mis nettement en évidence que si les essais sont faits sur des épidermes détachés, examinés vers le milieu d'une journée chaude, et prélevés sur des plantes exposées en pleine lumière. Dans de tels objets on peut voir à l'œil nu, sur les tiges et les feuilles, se produire un scintillement analogue à celui que donneraient de très fines gouttelettes de rosée. L'examen au

---

([1]) *Contribution à l'étude biologique des alcaloïdes du Tabac* (*Thèse Sciences*, Paris, 1931).

([2]) *Contribution à l'étude biologique des alcaloïdes : Recherches expérimentales sur le Lupin* (*Thèse Sciences*, Paris, 1930).

microscope, à un très faible grossissement, permet d'apercevoir à la surface externe des épidermes des petits corps brillants plus réfringents. Si on lave la plante avec du coton imbibé d'eau distillée, le liquide que l'on recueille donne, dans certains cas, un trouble analogue à celui obtenu avec les alcaloïdes du Lupin.

Au point de vue histochimique, l'exsudation est mise en évidence avec les réactifs de Bouchardat (très dilués), de Dragendorf, de Mayer, de Vrij et par les vapeurs d'iode; seul le réactif de Bourchardat est d'un emploi commode, car il teinte plus vivement les cellules et il n'a pas l'action plasmolysante des autres réactifs. L'exsudat se dissout dans l'acide tartrique d'Errera, comme le font tous les alcaloïdes.

Si l'on détache un fragment d'épiderme sur lequel on fait agir I^3K, on voit au niveau de séparation de deux cellules (région correspondant à la lamelle moyenne pectique) des fines gouttelettes de grandeur inégale et teintées en brun homogène. Puis ces gouttelettes se fusionnent entre elles, la coloration moins accentuée s'étend en surface, donnant des masses allongées qui se soudent à leur tour; on obtient alors un cadre brunâtre plus ou moins continu qui reproduit la forme des cellules. Ces premiers aspects sont surtout bien nets à la surface des sépales membraneux, à la base du filet de l'anthère après la fécondation, ou encore aux points de nécrose qui se produisent parfois dans les feuilles et qui aboutissent à une perforation annulaire du mésophylle par perte graduelle de la substance organique. Dans d'autres cas, on peut constater que l'exsudation a lieu non seulement au niveau de la lamelle moyenne, mais en un point quelconque de la membrane cellulosique. Un troisième aspect, correspondant au maximum de l'exsudation, est le suivant : la surface externe de l'épiderme est maculée en grande partie par des masses brunâtres au contour imprécis, que l'on pourrait comparer à la coulée d'un corps semi-fluide, les cellules épidermiques recouvertes par ces grosses taches ne sont plus visibles, les éléments cellulaires non maculés présentent une exsudation se rapportant aux deux types précédents.

Les trois aspects types que nous avons ainsi décrits correspondent à des degrés d'insolation graduellement croissants; c'est ainsi que le dernier a pu être mis en évidence, pendant les chaudes journées d'août 1932, sur des plantes exposées en plein soleil et examinées entre 12^h et 15^h. Par contre, lors des matinées froides et avec lumière diffuse d'octobre 1932, les épidermes ne présentaient qu'une exsudation extrêmement faible ou nulle et marquée seulement dans les épidermes du bourgeon.

Les poils participent aussi d'une manière analogue au phénomène relaté. Ces éléments sont unicellulaires, très allongés, terminés en pointe effilée, et possèdent une membrane cellulosique très épaisse; l'exsudation au travers de celle-ci ne paraît être qu'exceptionnelle et n'avoir lieu que dans des poils très jeunes du bourgeon. Dans la généralité des cas, l'exsudation se produit à l'intersection du poil et de la cellule épidermique qui lui sert de base. Le produit rejeté se présente, soit sous forme de gouttelettes, soit sous forme de masses brunâtres, déjà décrites pour l'épiderme. Dans toute la plante ce sont les éléments les plus jeunes qui, se trouvant dans les mêmes conditions d'insolation et de chaleur que les parties adultes, présentent l'exsudation la plus intense.

GÉNÉTIQUE. — *Relation, chez les hybrides de* Pisum, *entre la synthèse de l'amidon et le poids des graines.* Note de Mlle **C. Bourdouil**, présentée par M. L. Blaringhem.

Nous avons montré (¹) que le caractère ridé ou rond de la graine correspond à une composition chimique déterminée, à des actions synthétisantes dont les cotylédons sont le siège. Nous continuons à analyser au point de vue biochimique les règles de Mendel dans le cas du Pois en examinant les glucides des graines hybrides de deuxième génération.

Les analyses ont été effectuées sur les descendants (F_2) du croisement de deux variétés de Pois, l'une à grains verts ridés (var. Le Délicieux) D, l'autre à grains jaunes ronds (var. très hâtif d'Arras) A. Les graines (F_1) ont été semées à la Station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise), côte à côte avec les variétés pures. Nous avons obtenu les quatre aspects prévus par la règle de Mendel, par exemple pour deux lots :

	Ridé jaune.	Ridé vert.	Rond jaune.	Rond vert.
A × D	237	80	708	240
D × A	412	146	1259	433

Le nombre total de graines examinées est 4251 dont 3173 rondes et 1078 ridées.

Les Pois désignés comme ronds présentent en réalité, dans la grande majorité des cas, de légères dépressions irrégulières, nettement visibles à la sur-

(¹) Avec L. Blaringhem et M. Bridel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1135.

face de la graine ; ce caractère n'a pas été observé dans le type pur rond et provient donc de la nature hybride des ancêtres immédiats ; nous les comptons comme grains ronds, ce qui nous donne sensiblement la proportion prévue par la règle de Mendel 3 : 1.

Nous obtenons, en ce qui concerne la teneur en amidon, la dominance attendue pour les Pois ronds ou considérés comme tels. Nous avons en effet les proportions d'amidon suivantes pour les graines dans le même état de dessiccation : 33^g ; 33^g,4 ; 35^g pour 100 graines, avec les Pois ronds A $\times$ A, D $\times$ A et A $\times$ D ; d'autre part : 20^g,7 ; 18^g,5 ; 19^g pour 100 graines avec les Pois ridés D $\times$ D, D $\times$ A et A $\times$ D.

La quantité totale des sucres solubles hydrolysables par les diastases (inversine et émulsine) se rapproche pour les graines semi-rondes (F_2) (7^g pour 100) de celle existant dans le type rond pur (6,4 pour 100) ; mais le rapport de la quantité de sucre réducteur formé après hydrolyse par ces deux poudres fermentaires à celui formé par l'invertine seule se rapproche nettement du même rapport fourni par le type ridé ($R = 1,6$), ($R = 2$ chez le Pois « très hâtif d'Arras » pur). Les graines ridées (F_2) ne diffèrent pas sensiblement, en ce qui concerne les sucres solubles étudiés, du type ridé pur. De plus, les grains verts et jaunes se comportent de la même façon vis-à-vis des glucides (33 et 35 pour 100 d'amidon pour les grains ronds, verts et jaunes, 18,5 et 18,7 pour 100 pour les grains ridés) résultat en faveur de la démonstration de l'indépendance des caractères, vert et jaune d'une part, ridé et rond d'autre part.

Enfin, si nous calculons le poids moyen d'une graine (poids de n graines/n), nous trouvons 0^g,33 pour la graine amylacée (F_2) et 0^g,30 pour la graine ridée (F_2). Le poids moyen des parents est 0^g,38 pour la variété ridée et 0^g,29 pour la variété ronde en 1932.

Supposons que le poids d'une graine A et le poids d'une graine D constituent un couple de caractères, indépendant de la forme de la graine et se disjoignant en (F_2), nous devons avoir pour le poids moyen des graines (F_2) le même chiffre, qu'il s'agisse des grains ridés ou des grains ronds. L'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi, et par conséquent il semble que le poids des graines ne peut être interprété comme suivant strictement les lois de Mendel.

A priori, d'ailleurs, on peut considérer le poids des graines comme la résultante des caractères pondéraux de chaque constituant et il y a lieu de rechercher pour chacun d'entre eux si la loi de Mendel s'applique. En réalité, il est difficile de faire ce travail pour chaque Pois pris individuel-

lement ; mais on peut admettre l'explication mise en valeur par nos expériences précédentes : il y a, chez le Pois ridé, un arrêt prématuré dans la synthèse de l'amidon ; cet arrêt, s'il n'est pas compensé par d'autres formations, influe sur le poids final de la graine qui sera moindre pour le grain ridé que pour le grain rond. C'est précisément ce que nous trouvons : 0g,33 pour le Pois rond et 0g,30 pour le Pois ridé.

Il résulte de ces observations et de la discussion que le poids de la graine mûre, qu'il s'agisse de lignes pures ou d'hybrides, dépend, chez le *Pisum*, de l'activité de condensation des glucides solubles en amidon, que le couple de caractères formé par ces activités distinctes chez les parents se comporte du point de vue de la transmission comme l'exigent les règles mendéliennes.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le* Scabiosa Succisa *L. attaqué par le* Fusarium anthophilum *(A. Br.) Wr.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. J. Costantin.

Une précédente Note ([1]) a été consacrée à l'étude de la morphologie interne des fleurs cleistogames de *Scabiosa Succisa* L. parasitées par le *Fusarium anthophilum* (A. Br.) Wr. Nous y avons mentionné que cette attaque n'empêche pas le développement des étamines et des ovules, ni même parfois la fécondation. Nos essais de germination des semences de l'hôte étant toujours restés négatifs ([2]), nous avons entrepris une nouvelle recherche sur du matériel prélevé, toujours à la même localité, à l'arrière-saison (début de novembre), afin d'observer le mieux possible le sort de l'ovaire.

Les coupes longitudinales nous révèlent, dans certains cas, l'existence d'un ovule sain à tégument volumineux dont l'assise interne constituée de grandes cellules allongées radialement, entoure un sac embryonnaire normal ; ailleurs, nous voyons un albumen oléagineux en voie de développement, consécutif certainement à une fécondation directe, les fleurs étant cleistogames. Le mycélium se trouve en abondance en dedans des corolles ainsi que dans l'espace compris entre la paroi ovarienne et l'involucelle.

D'autres coupes nous ont révélé très fréquemment la présence du parasite à l'intérieur de l'ovule, les hyphes pénétrant par le micropyle. Ces dernières s'accumulent en un lacis plus ou moins serré et s'enchevêtrent même parfois en une masse extrêmement dense ; il n'est plus possible dès lors d'apercevoir ni le sac embryonnaire, ni

([1]) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1141.

([2]) *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, 1, 5e série, 1931, p. 31.

les éléments constitutifs de l'assise interne du tégument. De plus l'ovule, dans sa partie inférieure opposée au micropyle, est assez souvent coiffé d'un abondant feutrage de mycélium formant un cordon compact qui se prolonge, selon l'axe longitudinal du carpelle, jusqu'à la base de la cavité ovarienne. Ces ovules sont, pour la plupart, plus petits qu'à l'état normal; mais nous n'avons jamais constaté leur avortement complet.

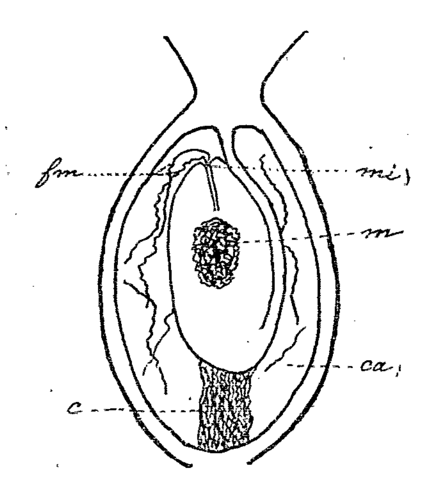


Figure schématique représentant la coupe longitudinale d'un ovaire de fleur cleistogame de *Scabiosa Succisa*; *ca*, cavité ovarienne; *c*, cordon d'hyphes s'étendant de la base de la cavité ovarienne à la région inférieure de l'ovule; *fm*, filaments mycéliens pénétrant par le micropyle *mi*; *m*, masse mycélienne à l'intérieur de l'ovule.

Un tel envahissement s'est montré même chez des fleurs dont les corolles cleistogames avaient presque complètement conservé leur teinte bleue; l'aspect extérieur de ces dernières semblait indiquer un degré de parasitisme moins accentué, fait démenti par l'examen microscopique. Dans tous ces cas, le style et le stigmate subsistent toujours ainsi que les étamines; l'assise mécanique se développe et les anthères renferment de nombreux grains de pollen.

Parmi les éléments cleistogames de ces inflorescences attaquées, nous en remarquons parfois un petit nombre à corolles largement ouvertes, mais décolorées. Nous étudierons maintenant l'action du *Fusarium* sur ces dernières :

Les étamines qui se développent normalement, se font tout particulièrement remarquer par la présence de conidiophores à la surface des anthères; des filaments mycéliens se trouvent ici aussi autour du style et du stigmate. Les coupes de l'ovaire ont révélé plusieurs fois la présence d'un embryon bien développé au milieu de l'albumen oléagineux; même en ce dernier cas, nous voyons des hyphes en dedans de la cavité ovarienne. Mais plus fréquemment, nous observons, en dedans de l'ovule, une pénétration du mycélium tout à fait semblable à celle décrite chez les fleurs cleistogames.

Nos nouvelles recherches sur cette curieuse mycocécidie permettent ainsi de conclure à une action directe du parasite qui se produit sur les ovules dans la majorité des cas et en arrête le développement.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Analyse cinématographique des mouvements du protoplasme en rapport avec la variation électrique dans l'excitation chez* Nitella. Note de Mme **F. Franck** et M. **D. Auger**, présentée par M. L. Lapicque.

Osterhout a constaté qu'en excitant un entre-nœud de Nitelle par un courant électrique à l'aide de deux électrodes placées sur celui-ci, on provoque à partir de la cathode excitatrice, une onde électrique que l'on peut recueillir par deux électrodes réceptrices en un autre point de la cellule; cette onde parcourt l'entre-nœud à la vitesse moyenne de 1^{cm} par seconde.

L'un de nous (1) a observé que le protoplasme diminue brusquement de vitesse au passage de l'onde; grâce au cinématographe nous pouvons préciser ce dernier phénomène.

L'entre-nœud de *Nitella* est disposé dans une chambre humide à fond de verre sur deux paires d'électrodes, la première sert à exciter électriquement notre préparation, la deuxième située à environ 4^{cm} de la première recueille l'onde électrique négative parcourant l'entre-nœud. Un micro-cinématographe (grossissement 130 diamètres) placé au voisinage immédiat de la première électrode qui recueille l'onde négative provoquée enregistre l'image du mouvement du protoplasme, et, au moyen d'un système de prismes à réflexion totale, présente en même temps sur l'écran l'image d'un milliampère à la sortie d'un amplificateur (amplification 2000 fois) branché sur les électrodes qui recueillent l'onde électrique, et d'un chronomètre au cinquième de seconde. On voit ainsi à la fois et pour un point de la Nitelle les variations de potentiel et de vitesse du protoplasme. La vitesse de succession des images est de 18 par seconde.

L'analyse, image par image, du film montre que la variation de vitesse du protoplasme n'est pas synchrone du début de l'onde négative, mais se produit avec un retard variable de 1,2 à 2 secondes. Le changement de vitesse est très brusque, il se produit quelquefois entre deux images du film, c'est-à-dire en moins de $1/18^e$ de seconde. Voici le tableau donnant :

(1) D. Auger, *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 1120.

1° les temps en secondes depuis le début de l'onde jusqu'au changement de vitesse; 2° la vitesse moyenne pendant ce premier temps; 3° la vitesse moyenne après le ralentissement pendant une durée égale :

	mm	mm
1,9 seconde	0,28	0,12
1,3 »	0,28	0,12
1,2 »	0,31	0,07
1,7 »	0,28	0,09

Après le changement brusque de vitesse du protoplasme, le mouvement peut évoluer de deux façons : 1° la vitesse continue à diminuer lentement, tombe à 0, puis remonte plus lentement encore jusqu'à sa valeur normale primitive; 2° la vitesse reste constante pendant un temps assez court et reprend lentement sa valeur normale.

A quoi peut tenir le temps de latence observé? Une hypothèse nous semble plausible, si nous tenons compte de la structure hétérogène du protoplasme qui est formé de deux couches superposées : l'une extérieure immobile, contenant les chloroplastes, l'autre mobile, qui contient les inclusions dont le déplacement rend apparent son mouvement.

Il suffit d'admettre que les rapports fonctionnels entre les deux couches sont les mêmes que ceux du nerf et du muscle. Quelques observations peuvent appuyer cette dernière hypothèse : si l'on observe le changement de vitesse du protoplasme sous l'électrode négative du circuit excitant, on voit que le temps de latence varie en raison inverse du voltage appliqué, à cause de l'excitation directe de la couche mobile.

L'analyse de la courbe de la variation électrique montre qu'elle est formée de deux ondes juxtaposées, la première rapide correspond à la couche immobile, la deuxième plus étalée correspond à la couche mobile.

Osterhout a montré que si l'on place en un point de la Nitelle une goutte d'eau chloroformée, on provoque à partir de ce point des ondes pulsant régulièrement toutes les deux minutes environ. Notre dispositif cinématographique nous permet d'étudier de la même façon le phénomène pulsatoire et de constater le changement de vitesse du protoplasme, qui se produit au moment du passage de l'onde avec un temps de latence, comme dans les expériences précédentes.

Après quelques pulsations, le phénomène pulsatoire se fatigue, et nous pouvons remarquer l'allongement correspondant du temps de latence.

ZOOLOGIE. — *Anomalies intersexuelles chez les Pagures.*
Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Parmi les milliers de Pagures que j'ai observés au cours de ces dernières années, j'ai rencontré un certain nombre d'individus porteurs d'anomalies que l'on pourrait être à première vue tenté de considérer comme des cas d'intersexualité.

Quatre mâles de *Diogenes pugilator* Roux ont le pléopode du second

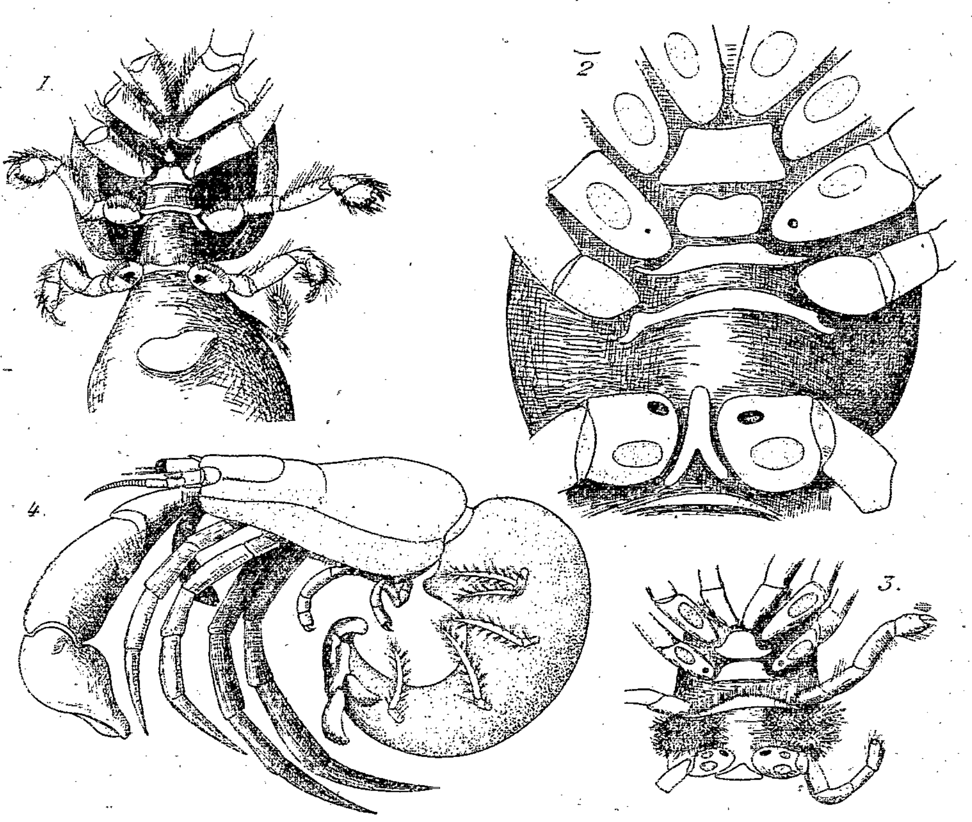


Fig. 1. *Eup. cuanensis* ♂, avec vulve à gauche. — Fig. 2. *Calcinus latens* ♂, avec deux vulves inégales. — Fig. 3. *Calc. ornatus* ♂, avec deux vulves. — Fig. 4. *Diogenes pugilator* ♂, avec *pl2* biramé.

segment biramé (*fig.* 4), c'est-à-dire de forme femelle. Il s'agit cependant de mâles incontestables, dont les testicules (vérification faite sur coupes) ne contiennent pas trace d'oocytes et dont tous les détails d'ornementation

tégumentaire sont mâles; le second pléopode lui-même ne porte que des soies plumeuses; aucune soie de type intermédiaire ou femelle [1].

Sept mâles d'*Eupagurus cuanensis* (Thompson) portent une vulve à la base du troisième péréiopode droit ou gauche (*fig.* 1); mais toute leur ornementation tégumentaire est mâle; les testicules ne contiennent pas trace d'oocytes; il n'y a d'ailleurs pas d'oviducte aboutissant à l'orifice femelle.

La présence d'orifices vulvaires, sans conduits génitaux correspondants, est très fréquente chez le *Calcinus ornatus* Roux. Le professeur Seurat et le Dr Dieuzeide ont eu l'obligeance de m'envoyer de Castiglione (Alger) plusieurs lots de ce Pagure : en tout, 228 femelles, toutes normales, et 93 mâles dont 39 seulement sont normaux; 47 au contraire portent deux vulves (*fig.* 3), 4 une seule vulve à droite et 3 une seule vulve à gauche. Ainsi donc plus de la moitié des mâles de cette espèce sont anormaux à ce point de vue; mais leurs glandes génitales sont de vrais testicules, sans oocytes, et toute leur ornementation est bien exclusivement mâle.

Il est probable que des anomalies semblables doivent se rencontrer dans d'autres espèces du même genre : les collections du Muséum national d'Histoire naturelle contiennent, parmi 24 mâles du *Calcinus latens* Randall, un individu recueilli à Djibouti par M. Coutière, qui présente deux vulves inégales, celle de droite étant minuscule (*fig.* 2).

J'ai à peine besoin de dire que les observations précédentes se rapportent à des individus exempts de tout parasite affectant leur fécondité génitale. Dans deux cas seulement la présence d'une vulve à gauche a été constatée chez un mâle d'*Eupagurus cuanensis* porteur de *Chlorogaster;* cette coïncidence doit être considérée comme fortuite; car les modifications morphologiques déterminées par ce parasite affectent, comme on sait, la forme des pléopodes et la nature des soies, mais ne comportent pas l'apparition supplémentaire d'orifices vulvaires.

Les divers exemples cités conduisent à cette conclusion commune : des caractères très manifestes et que l'on pourrait être tenté d'interpréter comme symptômes d'une féminisation partielle (pléopode biramé, vulves), se rencontrent à titre exceptionnel sur des mâles complets et incontestables. Ces aberrations ne relèvent pas, semble-t-il, d'une perturbation de la sexualité et ce sont au contraire les menus détails d'ornementation, comme la forme des soies, qui, sous le contrôle direct du métabolisme de l'individu, constituent le critère infaillible de son état sexuel.

---

[1] Cf. Ch. Pérez, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1187, et 1515 et 195, 1932, p. 1044.

Enfin, le cas le plus remarquable que j'ai rencontré est celui d'un *Eupagurus prideauxi* (Leach) dépourvu de tout orifice sexuel externe, mâle ou femelle. La dissection attentive sous le binoculaire n'a permis de trouver ni conduits génitaux ni aucune trace de testicule ni d'ovaire. Or cet individu, complètement asexué, présentait, au point de vue de son ornementation en soies, des caractères identiques à ceux d'un mâle normal. Bien que l'exemple soit unique, il tend à suggérer que ces caractères sont peut-être moins véritablement mâles que tout simplement somatiques.

ZOOLOGIE. — *L'appareil génital mâle des crevettes nord-africaines de la famille des* Penæidea. Note de M[me] **Jeanne Henri-Heldt**, présentée par M. Ch. Gravier.

L'appareil génital mâle des *Penæidea* est peu ou mal connu. Je me propose dans cette Note d'en faire une étude comparée chez les espèces nord-africaines : *Aristeomorpha foliacea* Risso, *Aristeus antennatus* Risso, *Penæus trisulcatus* Leach, *Parapenæus longirostris* Lucas et *Sicyonia carinata* Olivi. J'examinerai successivement ses deux parties constitutives : testicule et canal déférent.

Testicule. — Ses deux parties symétriques se soudent antérieurement. Le nombre et la disposition des lobes qui le constituent varient de façon régulière chez les genres considérés :

	Lobes			
	antérieurs.	latéraux.	postérieurs.	Total.
Aristeomorpha foliacea..........	2 lobes libres	7 paires	1 paire	18
Aristeus antennatus..............	2 »	7 »	1 »	18
Penæus trisulcatus..............	2 lobes soudés	8 »	0 »	17
Parapenæus longirostris..........	2 lobes libres	7 »	0 »	16
Sicyonia carinata................	2 »	5 »	0 »	12

Le nombre des lobes va donc en décroissant : les lobes postérieurs disparaissent; les lobes latéraux se montrent de moins en moins bien individualisés et l'on arrive, chez *Sicyonia*, à une glande massive simplement échancrée. *Aristeomorpha foliacea* se distingue en outre par le fait que ses lobes aboutissent par de courts canalicules à un fin conduit collecteur; seuls les lobes postérieurs débouchent directement dans le canal déférent.

Canal déférent. — On y peut distinguer trois parties :

A. Une *région initiale* hyaline que remplit le sperme se déversant du testicule.

B. Une *région intermédiaire* dont la paroi présente deux replis inégaux diamétralement opposés faisant saillie longitudinalement dans la lumière du canal où l'on trouve :

a. La continuation du flux spermatique endigué dans une enveloppe propre ;

b. Une production anhiste en ruban plus ou moins épais accolée le long du sac spermatique.

C. Une *partie terminale* renflée en ampoule où se modèle le spermatophore.

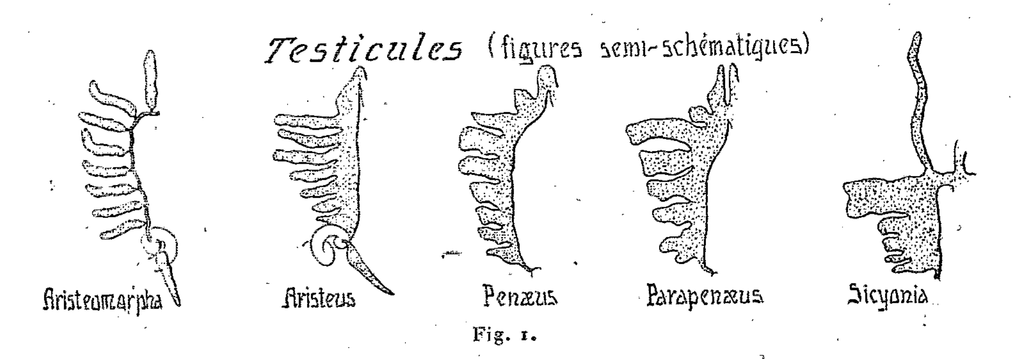


Fig. 1.

Dans *Aristeomorpha*, la région intermédiaire B constitue à peu près la totalité du canal déférent; la portion initiale A se réduit à une petite fos-

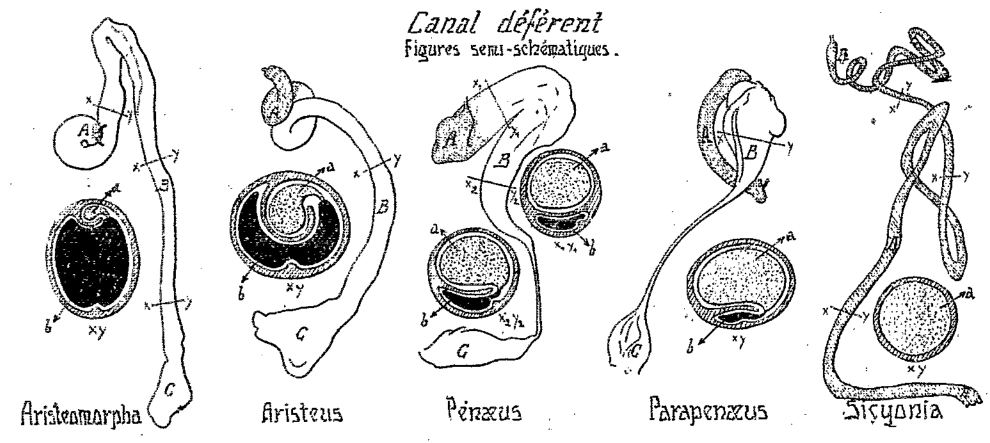


Fig. 2. — A, région initiale : flux spermatique sans enveloppe; B, région intermédiaire : *a*, sac spermatique; *b*, lame anhiste; C, ampoule terminale.

sette au confluent des deux conduits testiculaires. Elle se développe davantage chez *Aristeus* et *Penæus* aux dépens de B tout en restant de longueur

moindre pour arriver chez *Parapenæus* à être plus longue que B. Cet accroissement s'exagère chez *Sicyonia* où la partie A constitue la totalité du canal déférent.

Dans la partie B, on observe pareillement une réduction progressive de la substance anhiste par rapport à la masse spermatique : chez *Aristeomorpha* la substance anhiste se présente sous la forme d'un cordon épais de section ovale occupant presque toute la lumière du canal. Deux gouttières longitudinales s'y creusent en regard des replis de la paroi; dans la plus profonde, est logé le sac spermatique dont l'enveloppe est attachée à un bord de cette gouttière, l'autre bord en étant séparé par le repli de la paroi qui s'insinue jusqu'au fond de la gouttière. Pour *Aristeus* même disposition générale, mais la plus grande gouttière se creuse profondément, logeant un sac spermatique plus gros. L'épaisseur de la lame anhiste diminue et affecte en coupe la forme d'un croissant. Chez *Penaeus*, nouvelle diminution de la lame anhiste et importance plus grande de la masse spermatique pour aboutir, chez *Parapenaeus*, à une très grande réduction en longueur et en épaisseur de cette lame qui se présente alors comme une petite feuille lancéolée n'occupant pas toute la longueur de B. Le sac spermatique est alors très gros et globuleux.

La portion terminale C séparée du reste du canal déférent par un étranglement assez peu marqué chez *Aristeomorpha* et *Aristeus*, s'individualise davantage chez *Penaeus* et *Parapenaeus*, à la suite d'un rétrécissement considérable du canal déférent sur une assez grande longueur; elle est alors beaucoup plus globuleuse. Dans tous les cas, sa paroi présente la continuation des replis signalés tout le long du canal déférent. Elle contient le spermatophore qui y acquiert sa forme définitive. *Sicyonia* se distingue par l'absence de régions distinctes dans le canal déférent. Celui-ci, en outre, est de diamètre très réduit et de longueur très grande; il aboutit à l'orifice génital placé, non plus sur les coxopodites de p_5, mais sur la plaque sternale du dernier somite thoracique. Aucune ampoule terminale ne se remarque; il ne contient ni formation anhiste ni spermatophore.

PHYSIOLOGIE. — *Constitution d'un régime artificiel en vue d'expériences de longue durée sur les relations entre l'alimentation et les phénomènes de croissance, d'entretien et, particulièrement, de reproduction.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **H. Simonnet**, présentée par M. P. Viala.

En biologie animale, l'emploi de *régimes artificiels*, qui s'est généralisé depuis une vingtaine d'années, a grandement facilité l'étude de certaines questions de physiologie de la nutrition. Mais la plupart des recherches de ce genre n'ont de véritable signification que si elles sont de longue durée : *plusieurs mois* s'il s'agit de croissance et d'entretien, *plusieurs années* s'il s'agit de phénomènes de reproduction. Les régimes artificiels doivent donc être constitués de telle sorte qu'ils produisent invariablement les mêmes effets durant tout le temps de l'expérience, condition difficile à réaliser.

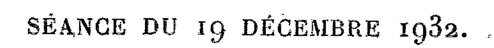
Nous avons voulu avoir à notre service un régime artificiel pouvant assurer, chez le Rat blanc, toutes les fonctions, sans que l'une d'elles soit exaltée ou diminuée, un régime-type permettant d'obtenir un équilibre aussi parfait que possible dans les résultats : vitesse de croissance, maintien du poids des adultes, activité reproductrice, etc., un tel équilibre ne pouvant d'ailleurs pas être obtenu d'une manière aussi régulière avec un bon régime naturel, en raison de la qualité variable des aliments utilisés et du fait que les animaux sont libres de faire un choix parmi ces aliments.

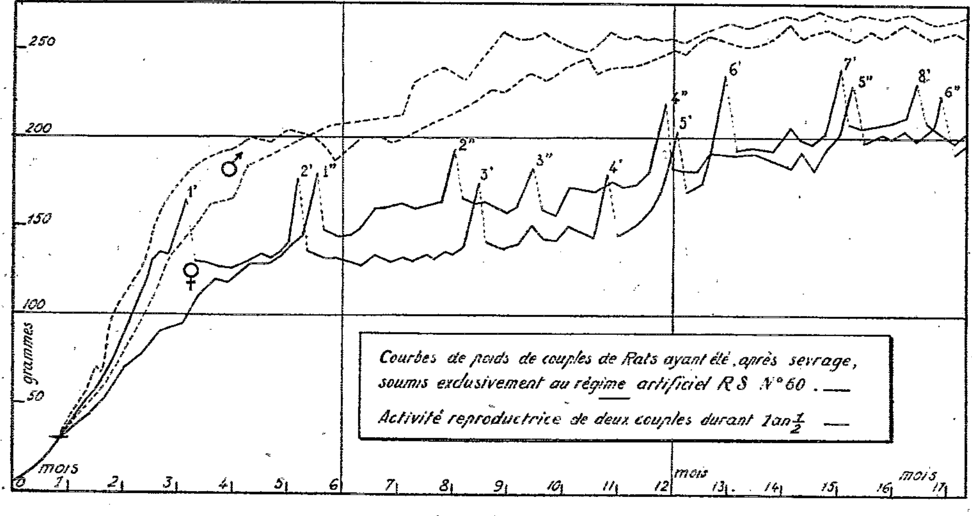
Par approximations successives, nous avons fixé, comme suit, la formule d'un régime artificiel (*régime* RS n° 60), donné sous forme d'une poudre homogène, à la dose de 10-15^{g} par individu et par jour :

Peptone pancréatique de muscle	15
Caséine purifiée	2
Levure de bière sèche	3
Graisse de beurre purifiée	12
Amidon de riz pur	32
Saccharose	32
Mélange de sels (Osborne et Mendel)	4
Aliment encombrant (papier filtre)	à volonté

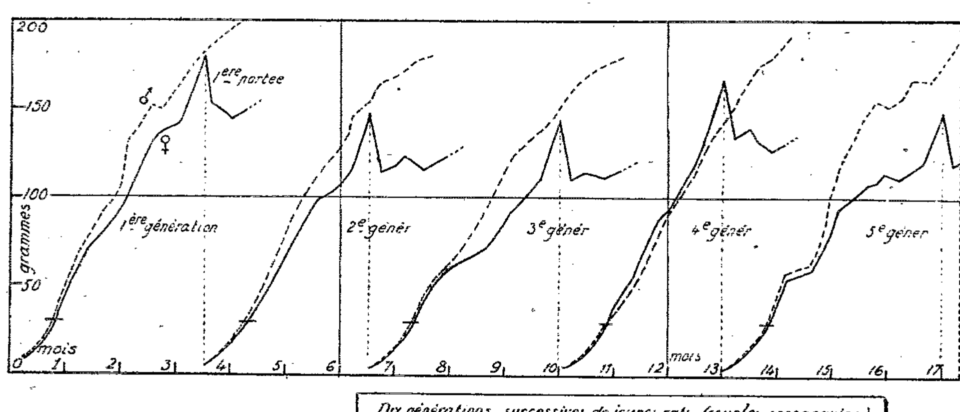
Résultats. — Le graphique I prouve qu'avec ce régime on obtient une croissance normale, puis, à l'état adulte, un équilibre de poids satisfaisant.

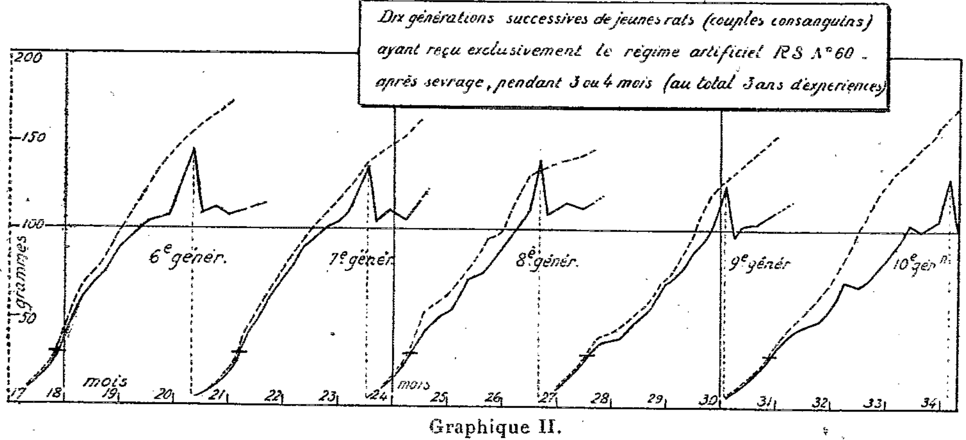
L'épreuve biologique, au point de vue de la reproduction, a été faite de deux manières afin de nous renseigner sur les deux questions suivantes :





Graphique I.





Graphique II.

— Des couples de Rats de même âge consommant exclusivement le régime RS conservent-ils leur fécondité pendant un long temps?

— Les produits de la première portée (frères et sœurs) d'un couple recevant le régime RS peuvent-ils se reproduire en consommant exclusivement ce même régime, et les produits de leur première portée peuvent-ils se reproduire entre eux, etc., pendant un certain nombre de générations?

I. Nos essais, au nombre de 6, montrent que des couples de Rats recevant, après sevrage, exclusivement le régime RS n° 60 *pendant* 18 *mois*, se reproduisent régulièrement (6, 8 ou 10 gestations successives) en donnant des petits qui sont normaux et qui croissent parfaitement bien.

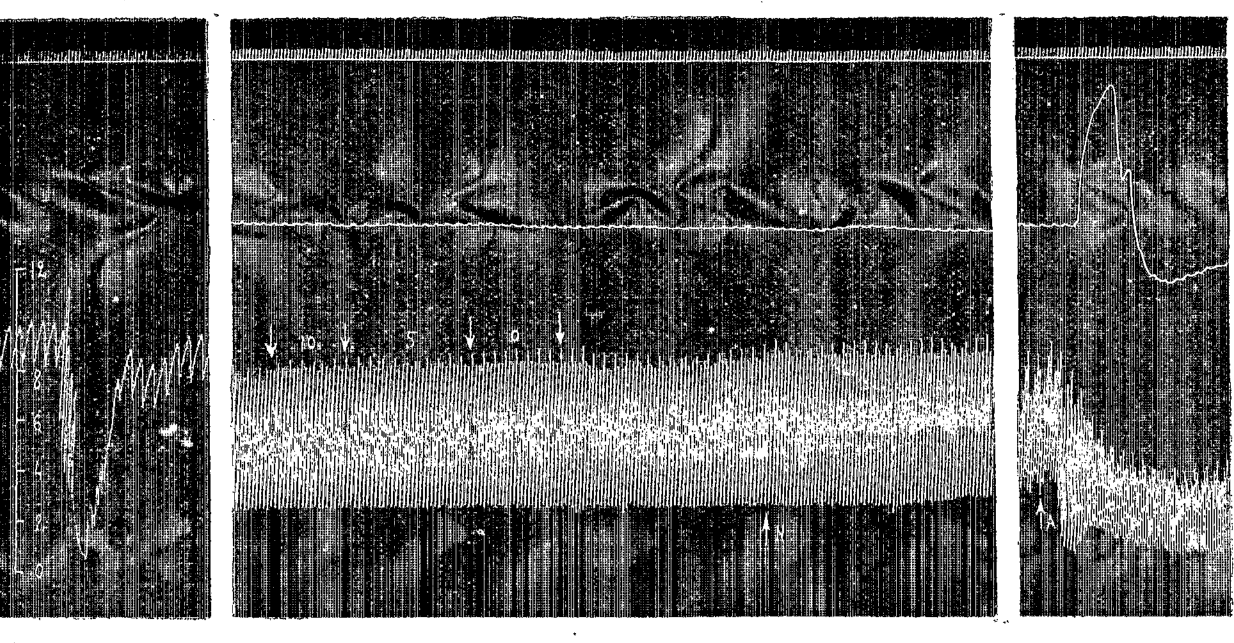
II. Une expérience de *trois années* nous permet de répondre à la seconde question. *Sans la moindre interruption dans l'application du régime*, nous avons obtenu 10 générations successives de Rats en faisant reproduire entre eux, dès leur puberté, les premiers-nés de chacun des couples successifs. Tous ces couples consanguins ont donné des petits de poids normal, croissant régulièrement, se reproduisant normalement entre eux, etc.

Pour plus de clarté, nous n'avons représenté, sur le graphique II, qu'un seul couple par génération.

Conclusion. — Le régime RS n° 60 que nous proposons assure aussi bien la croissance que l'entretien et il permet de poursuivre, sur la reproduction, des expériences de plusieurs années relatives aux effets d'un déséquilibre alimentaire bien déterminé, qualitativement et quantitativement.

PHARMACOLOGIE. — *Action de la tyramine sur l'excitabilité du pneumogastrique cardiaque et influence de cette amine sur les effets de la nicotine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

L'hypothèse, par nous émise, de l'action nicotinique de certaines amines chimiquement voisines de l'adrénaline, fut basée, d'une part, sur ce que, comme celle de la nicotine, leur action sur l'intestin *in situ* est biphasique : motrice, puis inhibitrice; d'autre part, sur ce que, comme cet alcaloïde, elles sont vaso-dilatatrices aux très fortes doses. Mais, pour décider de la valeur de notre hypothèse, il était nécessaire de savoir si ces amines possèdent les deux caractères essentiels des substances nicotiniques, c'est-à-dire si elles suppriment l'excitabilité électrique du vague cardiaque sans abolir l'action des poisons du parasympathique et si elles rendent la nicotine inefficace tant sur la pression artérielle que sur l'intestin.



Expérience du 25 mars 1930. Chien fox, de $8^{kg},500$, anesthésié par le chloralose (14^{cg} par kilogramme), ayant ses vagues coupés au cou et soumis à la respiration artificielle. Première ligne : temps en secondes; deuxième ligne : contractions de la musculature circulaire de l'intestin grêle enregistrées par la méthode du ballon; troisième ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Premier tracé : excitation du bout périphérique du pneumogastrique droit, l'écartement des bobines étant de 10^{cm}. Deuxième tracé : entre la première et la deuxième flèche, on excite, au niveau du cou, le bout périphérique du pneumogastrique, l'écartement des bobines étant de 10^{cm}, cependant qu'entre la deuxième et la troisième flèche cet écartement est réduit à 5^{cm} et qu'entre la troisième et la quatrième flèche, il est ramené à 0. Au point marqué par la flèche N, injection, dans la saphène, de $8^{mg},5$ de tartrate de nicotine en solution dans $8^{cm^3},5$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Troisième tracé : au point marqué par la flèche A, injection, dans la saphène, de 2^{mg} d'acétylcholine en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Entre le premier et le deuxième tracé, on a administré au chien, en 5 injections intraveineuses successives, 284^{mg} de tyramine par kilogramme. Tracés réduits du tiers.

Les expériences que nous avons pratiquées confirment pleinement notre hypothèse.

Déjà, après l'injection intraveineuse de 20^{mg} de tyramine par kilogramme, l'excitabilité électrique du bout périphérique du pneumogastrique sectionné au niveau du cou, est diminuée. Même en rapprochant au maximum les bobines du chariot de Du Bois-Reymond, on n'obtient d'ordinaire que des effets cardio-inhibiteurs beaucoup plus faibles qu'initialement. Quant aux effets de la nicotine sur la pression et sur l'intestin, ils sont, eux aussi, nettement diminués.

Chez le chien qui a reçu dans les veines 30^{mg} de tyramine par kilogramme, les effets de l'excitation électrique du vague sont presque totalement abolis, et les doses fortes de nicotine (1^{mg} par kilogramme) n'ont plus qu'une faible action tant sur la pression artérielle que sur l'intestin.

Après injections intraveineuses de 200^{mg} de tyramine par kilogramme, l'excitabilité électrique du vague est totalement abolie, cependant que, à la dose de 1^{mg} par kilogramme, la nicotine ne fait plus monter la pression carotidienne que de 59 à 90^{mm} de mercure et ne provoque plus qu'une faible hausse du tonus de la musculature circulaire de l'intestin grêle bientôt suivie de son retour à la normale.

Chez le chien auquel on a administré à peu près 300^{mg} de tyramine par kilogramme (voir figure), l'excitation électrique du vague, même quand on rapproche au maximum les bobines du chariot d'induction, n'a plus d'effet sur la pression artérielle, le rythme cardiaque et la motilité intestinale. La nicotine, à la dose de 1^{mg} par kilogramme, est, elle aussi, complètement inefficace tant sur la pression que sur l'intestin. Les doses moyennes d'acétylcholine, au contraire, provoquent encore une très nette hypotension et une hausse brusque du tonus de la musculature circulaire de l'intestin suivie d'une chute de celui-ci au-dessous du niveau initial puis de son retour à ce niveau. Quant aux doses moyennes d'adrénaline (0^{mg},05), elles provoquent une hypertension réduite mais encore nette.

Enfin, si l'on injecte, dans les veines d'un chien, la dose totale de 444^{mg} de tyramine par kilogramme, on constate que l'acétylcholine, à dose moyenne, est encore active tant sur la pression artérielle que sur l'intestin et que l'adrénaline produit encore une nette hypertension.

Nous pouvons donc conclure que, comme l'hordénine, la tyramine possède une action nicotinique indéniable. Une telle action n'est donc nullement particulière aux amines tertiaires et existe aussi chez certaines amines

primaires

$CH^2—CH^2—N<^{CH^3}_{CH^3}$ (noyau benzénique, OH)

Hordénine.

$CH^2—CH^2—NH^2$ (noyau benzénique, OH)

Tyramine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Physiologie comparée des cônes et des bâtonnets. Indications fournies par l'étude du comportement.* Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Suivant l'opinion courante, les cônes seraient les organes de la vision en milieu fortement éclairé et de la vision des couleurs; les bâtonnets, au contraire, seraient les organes de la vision en lumière diffuse. Ces notions, déjà anciennes (¹), sont devenues classiques. Elles ont été adoptées dans des travaux récents (²) : une rétine riche en cônes, ou exclusivement pourvue de cônes est dite adaptée à la vision diurne, et une rétine où les bâtonnets prédominent est dite adaptée à la vision crépusculaire ou nocturne.

Un certain nombre de cas paraissent confirmer cette conception; les plus caractéristiques sont ceux des Mammifères rongeurs, des Cheiroptères, obscuricoles ou nocturnes, dont la rétine présente une prédominance marquée des bâtonnets sur les cônes ou uniquement des bâtonnets. De même, Rochon-Duvigneaud a fait connaître de semblables dispositions chez les oiseaux nocturnes, alors que les espèces diurnes sont remarquablement riches en cônes; il oppose également, chez les Reptiles, le cas des Geckos, uniquement pourvus de bâtonnets, à celui des Caméléons qui ne possèdent que des cônes; et l'on sait que les premiers sont actifs la nuit, et les seconds le jour, et principalement en milieux très éclairés.

Mais on peut se demander si les auteurs ne se seraient pas exclusivement attachés aux cas où coïncident activité diurne et rétine à cônes, activité nocturne et rétine à bâtonnets, et si des cas inverses n'existeraient pas.

Or, l'étude d'un grand nombre de rétines, dans toute la série des Ver-

(¹) Max Schultze, *Zur Anatomie und Physiologie der Retina* (Bonn, 1866).

(²) A. Rochon-Duvigneaud, *Annales d'Oculistique*, Paris, novembre 1917, p. 1-16; J. Ovio, *Anatomie et physiologie de l'œil dans la série animale* (Paris, 1927).

tébrés, accompagnée de l'étude du comportement de chaque individu, m'a montré que le rapport que l'on a voulu établir entre la forme des cellules visuelles et l'habitat et le mode d'activité diurne ou nocturne n'existe pas.

C'est ainsi que j'ai constaté chez *Myliobatis aquila* Dum, Sélacien de fond, des cônes nombreux et volumineux et chez les Sélaciens de surface, tels que *Mustelus* et *Acanthias*, une rétine exclusivement pourvue de bâtonnets. Les Syngnates, les Hippocampes, les Blennies, les *Pholis*, qui vivent en lumière diffuse, ont des cônes très nombreux et une fovea composée de cette seule sorte d'élément. Chez *Blennius* et *Pholis* j'ai pu voir, outre une fovea, un développement considérable du segment externe des cônes et des cônes doubles. Dans ces mêmes rétines, les bâtonnets sont réduits dans leur nombre et leurs dimensions. La Baudroie, espèce de fond, a des yeux comparables à ceux d'un Téléostéen de surface, quant à la répartition des cellules visuelles. La Grenouille verte, dans la rétine de laquelle prédominent les bâtonnets, stationne souvent en pleine lumière solaire. J'ai remarqué, sur des exemplaires conservés longtemps en captivité, que le Gecko, malgré sa rétine à bâtonnets, peut se montrer actif sous un éclairage intense; de même, l'activité d'un Caméléon normal et celle d'un Caméléon aveugle (la capture des proies mise à part) se sont montrées comparables. Le *Trogonophis Wiegmanni* Gray, dont j'ai étudié le comportement visuel et les tendances obscuricoles, ne possède que des cônes. Je rappelle ici que la rétine des Oiseaux nocturnes renferme des cônes, comme l'a montré Rochon-Duvigneaud. J'ai constaté souvent que le Loir continue ses évolutions nocturnes lorsqu'il est surpris par un éclairage intense et persistant, malgré sa rétine à bâtonnets. Je rappelle aussi que le Chien et le Chat ont des rétines très peu différentes.

De plus, la sensibilité à la lumière étant considérée comme liée à la destruction et à la régénération du pourpre rétinien, on a admis que cette sensibilité est d'autant plus grande que le pourpre est plus abondant, par suite, que les segments externes des bâtonnets, substrat du pourpre rétinien sont plus volumineux. Cette interprétation s'appuie sur le fait que certaines espèces nocturnes ont des bâtonnets plus trapus et plus nombreux que certaines espèces diurnes ou crépusculaires. Mais, comme précédemment, on observe de nombreux cas où l'activité en lumière diffuse coïncide avec l'existence de bâtonnets grêles et relativement peu nombreux et, à ces cas, on peut en opposer d'autres où l'activité diurne ne paraît en rien gênée par une rétine riche en bâtonnets volumineux. J'ai constaté, notamment, que

les bâtonnets du Myliobate, espèce de fond, sont beaucoup plus grêles et beaucoup moins nombreux que les bâtonnets de n'importe quel Sélacien de surface. L'ensemble des bâtonnets du Poisson-Chat paraît former une masse sensiblement égale à celle des bâtonnets des Grenouilles, et l'on sait les tendances obscuricoles du premier et l'activité diurne des secondes. Une semblable remarque pourrait être faite si l'on compare la forme des bâtonnets et leur masse totale dans la rétine de nombreux Téléostéens et de nombreux Mammifères actifs le jour ; la vie dans les eaux, pour les premiers, détermine une activité en lumière plus ou moins diffuse.

De cet ensemble de faits ne ressort nullement, entre la forme des cellules visuelles et le comportement, un rapport qui permette d'établir le rôle des cônes et des bâtonnets, en général. On pourrait alors admettre que la physiologie des cellules visuelles est essentiellement variable d'un groupe à un autre. Cette diversité de fonctionnement ne se manifesterait pas dans la forme des éléments, d'où l'utilité d'une étude comparée et très étendue de la physiologie des cellules visuelles, dont je ferai connaître ultérieurement les résultats. Mais, si cette étude montrait que, dans tous les cas, et indépendamment de la forme, les mêmes transformations physico-chimiques se produisent sous l'action de la lumière, les nombreux exemples que je viens de donner prouveraient que, chez certaines espèces, le sens visuel est négligeable et que le comportement est dominé par d'autres sensations, malgré la complexité extrême des yeux.

La séance est levée à 16h20m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 27 juin 1932.)

Note de M. *D. G. Dervichian*, Surfaces et volumes moléculaires dans les solutions superficielles :

Page 2295, ligne 17, *au lieu de* l'écart est presque parfait, *lire* l'accord est presque parfait.

Page 2296, ligne 16, *au lieu de* 190 et 182, *lire* 290 et 282.

(Séance du 28 novembre 1932.)

Note de M. *J. Janin*, Spectre d'étincelle du rubidium dans l'ultraviolet lointain :

Page 1012, dans le tableau des longueurs d'onde, *au lieu de* 2341,35 et 2304,27, *lire* 2341,33 et 2304,47.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 27 DÉCEMBRE 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ARSÈNE D'ARSONVAL, PUIS DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la Nouvelle année la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 3 janvier au lieu du lundi 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration par quadratures d'une classe d'équations différentielles : $d^2y/dx^2 = F(x, y)$.* Note de M. **Jules Drach**.

Nous avons montré autrefois [1] comment on pouvait déterminer la fonction $F(x, y)$ dans l'équation du second ordre

(1) $$\frac{d^2y}{dx^2} = F(x, y),$$

où l'équation linéaire aux dérivées partielles

(2) $$X(f) = \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} y' + \frac{\partial f}{\partial y'} F(x, y) = 0,$$

de manière que cette équation admette une intégrale première *entière* ou *rationnelle* en y'. Il s'agit ici de *trouver* $F(x, y)$ *quand une intégrale première de* (2) *a la forme*

(3) $$\varphi = A_0 + \Sigma m_i \log(y' - \gamma_i),$$

---

(1) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 497, et *Comptes rendus du Congrès de Strasbourg*, I, 1920, p. 374.

où A_0 et les k fonctions $\gamma_i(x, y)$ sont à déterminer, les m_i étant des constantes quelconques, réelles ou complexes, DONNÉES.

Cette recherche redonne, en particulier, sous une forme un peu différente, les résultats antérieurs et les complète.

I. *a*. Supposons d'abord la somme $m = \Sigma m_j \neq 0$.

La *forme* de l'équation (1) se conserve par deux transformations

$$(T_1) \qquad Y = \lambda(x)y, \qquad X = \xi(x), \qquad \text{avec } \lambda^2 = \frac{d\xi}{dx},$$

et

$$(T_2) \qquad Y = y + \eta(x), \qquad \xi \text{ et } \eta \text{ arbitraires.}$$

Cela permet de réduire (1) et (3) à une *forme type*, pour laquelle

$$A_0 = 0 \qquad \text{et} \qquad \Sigma m_i \gamma_i = 0.$$

Les inconnues γ et F sont alors définies par les équations

$$(S) \qquad \frac{\partial \gamma_i}{\partial x} + \gamma_i \frac{\partial \gamma_i}{\partial y} = F(x, y) \qquad (i = 1, \ldots, k)$$

sous la condition $\Sigma m_i \gamma_i = 0$; ce système (S) est *équivalent* à une seule équation d'ordre $(k-1)$ à une fonction inconnue de deux variables. C'est ce système (S) que nous intégrons ici par des quadratures de différentielles totales.

Suivant la méthode générale indiquée ailleurs (*loc. cit.*), nous remplaçons (S), débarrassé de F, par un système d'équations aux différentielles totales, en nombre $(k-1)$,

$$(\Omega) \qquad dy - \zeta_i\, dx = \Gamma_i\, d\Phi_i \qquad (i = 2, \ldots, k),$$

où les Φ_i, *variables caractéristiques d'Ampère*, sont donnés par

$$\Phi_i = \Sigma m_j \log(\zeta_i - \gamma_j) \qquad (i = 2, \ldots, k),$$

les ζ_i désignant les $(k-1)$ racines de l'équation

$$\frac{\partial \Phi}{\partial y'} = \sum \frac{m_j}{y' - \gamma_j} = 0.$$

Les équations de définition des Φ_i, jointes aux relations

$$\sum \frac{m_j}{\zeta_i - \gamma_j} = 0 \qquad \text{et} \qquad \Sigma m_j \gamma_j = 0,$$

déterminent les γ, ζ au moyen des $(k-1)$ variables Φ_i. Le calcul des déri-

vées des γ, ζ est rendu facile, si l'on introduit une fonction auxiliaire

$$u = \Sigma m_j \log \gamma_j,$$

choisie de manière à former avec les fonctions Φ_i un système orthogonal de l'espace *euclidien* à k dimensions, aux coordonnées orthogonales : x_i, où $x_i^2 = m_i \gamma_i$. On déterminera ensuite u par la condition $\Sigma m_j \gamma_j = 0$.

Les formules obtenues se résument dans les suivantes

$$\frac{\partial y'}{\partial \Phi_j} = \frac{1}{\Phi''(\zeta_j)(\zeta_j - y')},$$

où l'on a

$$\Phi''(\zeta_i) = -\sum \frac{m_j}{(\zeta_i - \gamma_j)^2};$$

elles sont satisfaites par les γ_i et aussi par les ζ_i si $i \neq j$.

Nous montrons qu'il est possible de trouver des Γ_i en $\Phi_2, \ldots, \Phi_k$, avec la généralité nécessaire, de manière que (Ω) possède $(k-1)$ combinaisons intégrables. Le système des conditions imposées aux Γ_i peut être vérifié en posant

$$\Gamma_i = \Phi''(\zeta_i) \frac{\partial \theta}{\partial \Phi_i},$$

où la fonction θ est la solution d'un *système de Laplace*

$$(\mathrm{A}) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial \Phi_i \, \partial \Phi_j} - \frac{1}{\Phi''(\zeta_j)(\zeta_j - \zeta_i)^2} \frac{\partial \theta}{\partial \Phi_i} - \frac{1}{\Phi''(\zeta_i)(\zeta_j - \zeta_i)^2} \frac{\partial \theta}{\partial \Phi_j} = 0$$

complètement intégrable. On peut déterminer les fonctions correspondantes : $h_i = 1/\sqrt{\Phi''(\zeta_i)}$ et écrire le système sous la forme

$$f_{i,j}(\theta) = \frac{\partial^2 \theta}{\partial \Phi_i \, \partial \Phi_j} - \frac{1}{h_j} \frac{\partial h_j}{\partial \Phi_i} \frac{\partial \theta}{\partial \Phi_j} - \frac{1}{h_i} \frac{\partial h_i}{\partial \Phi_j} \frac{\partial \theta}{\partial \Phi_i} = 0$$

avec les conditions

$$f_{i,j}(h_l) = 0 \qquad (i, j, l \text{ différents}).$$

b. On est conduit à ces expressions des Γ_i en considérant la seconde intégrale première de (1), définie par la quadrature

$$d\Psi = \frac{dy - y'\,dx}{\dfrac{\partial \Phi}{\partial y'}} = \frac{(dy - y'\,dx)\,\mathrm{A}(y')}{m\,\mathrm{P}(y')},$$

où

$$\mathrm{A}(y') = (y' - \gamma_1)\ldots(y' - \gamma_k), \qquad \mathrm{P}(y') = (y' - \zeta_2)\ldots(y' - \rho_k).$$

Si l'on décompose $d\Psi$ en fractions simples, on aura encore, *en tenant compte de* (Ω),

$$m\,d\Psi = y'\,dy + \left(\frac{R_2}{m} - y'^2\right)dx + \sum \frac{C_i\,d\Phi_i}{y' - \zeta_i},$$

avec $R_2 = \Sigma m_j \gamma_j^2$ et si l'on écrit que $d\Psi$ est *différentielle exacte* en x, y, Φ_2, ..., Φ_k, quel que soit le paramètre Φ qui figure dans y', on trouve

$$C_i = \frac{\partial\theta}{\partial\Phi},$$

θ étant solution du système (Λ).

Si l'on met dans θ les variables x, y en évidence, on pourra écrire

$$\frac{\partial\theta}{\partial\Phi_i} = -y\frac{\partial}{\partial\Phi_i}\left(\frac{R_2}{2m}\right) - x\frac{\partial}{\partial\Phi_i}\left(\frac{2R_3}{3m}\right) + \frac{\partial\omega}{\partial\Phi_i}$$

avec

$$R_3 = \Sigma m_j \gamma_j^3,$$

ω désignant la solution générale de (Λ), dépendant seulement des Φ_i.

c. En supposant ω connu, on obtient les équations qui donnent les Φ_i en x, y (et, par suite, les γ, ζ et F) en partant des combinaisons intégrables de (Ω), qui sont ici :

$$m\,d\Psi_j = \gamma_j\,dy + \left(\frac{R_2}{m} - \gamma_j^2\right)dx + \sum \frac{\dfrac{\partial\theta}{\partial\Phi_i}}{(\gamma_j - \zeta_i)}\,d\Phi_i = 0,$$

et donnent les conditions

$$m\Psi_j = \gamma_j y + \left(\frac{R_2}{m} - \gamma_j^2\right)x + \int \sum \frac{\dfrac{\partial\omega}{\partial\Phi_i}}{(\gamma_j - \zeta_i)}\,d\Phi_i = \text{const.}$$

Il y en a k, mais on a l'identité

$$\Sigma m_j\,d\Psi_j = 0.$$

Une fois les Φ_i connus en x, y, on a aussi l'*intégrale générale de* (1) sous la forme

$$y'y + \left(\frac{R_2}{m} - y'^2\right)x + \int \sum \frac{\dfrac{\partial\omega}{\partial\Phi_i}}{(y' - \zeta_i)}\,d\Phi_i = m\Psi$$

avec les constantes Φ, Ψ.

d. L'intégration du système de Laplace (Λ) (détermination de ω) se fait en observant que y' et $R_2/m - y'^2$ sont des solutions de (Λ) qui dépendent du paramètre Φ. Il en résulte que $\partial y'/\partial\Phi = 1/(\partial\Phi/\partial y')$ est encore une

solution; nous la généralisons en posant

$$\omega = \int \frac{f(\Phi)\, d\Phi}{\frac{\partial \Phi}{\partial y'}} = \int \frac{\Lambda(y')}{m\, P(y')} f(\Phi)\, d\Phi,$$

où la fonction $f(\Phi)$ est arbitraire. On déduit de là, en observant que les points *singuliers* sont $y' = \zeta_i$, c'est-à-dire $\Phi = \Phi_i$, $(k-1)$ intégrales *distinctes, dont la forme variera suivant les conditions remplies par les constantes* m_i. Ce sont des intégrales prises, dans le plan complexe Φ, d'un point $\Phi = \Phi_2$ à un point $\Phi = \Phi_i$, à condition qu'*elles aient un sens*, ou bien des intégrales prises suivant des contours fermés entourant certains des points Φ_i, pourvu que y' reprenne sa valeur initiale. Dans le cas général, on peut en former $(k-2)$ avec des *doubles contours* relatifs à deux points singuliers, Φ_2 et Φ_i, et une autre avec un contour les entourant tous. Remarquons qu'en remplaçant Φ par une puissance de Φ, on peut disposer de m, somme des m_i.

II. Lorsque $\Sigma m_i = 0$, les formes initiales et les réductions sont différentes. Les transformations (T_1) et (T_2) permettent seulement de prendre

$$\Phi = x + \Sigma\, m_j \log(y' - y_j),$$

et l'on a deux équations finies

$$\Sigma\, m_j \gamma_j = y, \qquad \Sigma\, m_j \gamma_j^2 = X(x),$$

où la fonction arbitraire $X(x)$ est essentielle.

Il n'y a plus ici que $(k-2)$ variables caractéristiques Φ_i, correspondant aux $(k-2)$ racines de

$$\frac{\partial \Phi}{\partial y'} = \sum \frac{m_j}{y' - \gamma_j} = \frac{y\, P(y')}{\Lambda(y')} = 0.$$

Les dérivées des γ, ζ en x, y, Φ_3, ..., Φ_k s'obtiennent encore en passant par l'intermédiaire d'une fonction $u = \Sigma\, m_j \log \gamma_j$ qui forme, avec les $(\Phi_i - x)$ et y, un système orthogonal de l'espace euclidien des x_i, donnés par

$$x_i^2 = m_i \gamma_i.$$

Cette fonction u est définie par la condition $\Sigma\, m_j \gamma_j^2 = X$.

En écrivant que le système (Ω) possède $(k-2)$ combinaisons intégrables, on retrouve $\Gamma_i = \Phi''(\zeta_i)\, \partial\theta / \partial\Phi_i$, où θ est solution du *même système* (Λ).

Ce système ne dépend pas de y, mais dépend de x. Cependant si l'on observe avec Darboux que l'on peut poser $\partial\theta/\partial\Phi_i = h_i E_i$, les E_i satisfaisant

au système linéaire

$$(E) \qquad \frac{\partial E_i}{\partial \Phi_j} = \beta_{ij} E_j \qquad (i \neq j = 3, \ldots, k),$$

les éléments $\beta_{ij} = 1/h_i \, \partial h_j / \partial \Phi_i$ sont *indépendants de x*.

On a en outre ici $\beta_{ij} = \beta_{ji}$, d'où de nombreuses conséquences (cf. G. DARBOUX, *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, etc., Paris 1910, Livre III, Chap. III, *passim*).

Il y a donc, comme plus haut, *séparation* des variables x, y, le problème essentiel étant l'intégration de (E), qui se fait comme il a été indiqué.

L'étude actuelle, dont le détail paraîtra ailleurs, avec l'examen de cas singuliers (caractéristiques *multiples*), se transporte, point par point, à l'équation des lignes géodésiques suivant la méthode indiquée, par exemple, au Congrès de Toronto (*Proceedings of the In-Congress of Toronto*, 1924, I, p. 492); nous espérons y revenir prochainement.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Dispersion rotatoire magnétique d'un composé coloré diamagnétique : la thiobenzophénone*. Note [1] de MM. **A. Cotton** et **M. Schérer**.

Nous avons indiqué récemment les résultats que l'on trouve en mesurant, dans toute l'étendue d'une bande d'absorption, les rotations magnétiques d'un sel paramagnétique, le chlorure de cobalt à l'état dissous. La courbe tracée par l'un de nous [2] présentait des anomalies très marquées : rappelons que sur les deux bords de la bande on trouvait de grandes valeurs *négatives* de la dérivée $d\rho/d\lambda$, et dans la région du maximum d'absorption un point d'inflexion (coïncidant avec un changement de signe des rotations lié à l'existence du dichroïsme circulaire magnétique). Nous rappelions [3] que l'on n'avait pu encore faire une semblable étude des deux côtés d'une large bande d'absorption pour un corps diamagnétique. Nous indiquerons aujourd'hui quelques résultats se rapportant à un tel composé, dans la molécule duquel ne se trouve aucun atome paramagnétique.

Il s'agit de la *thiobenzophénone* $C^6H^5 - CS - C^6H^5$, que nous avons

(1) Séance du 19 décembre 1932.

(2) M. SCHÉRER, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 950.

(3) A. COTTON, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 915.

étudié à l'état surfondu. Ce composé — un liquide bleu foncé — présente pour une semblable étude des avantages particuliers : Il peut être étudié dans ces conditions à la température ambiante en dehors de la présence d'un dissolvant. En second lieu c'est un composé aromatique : on pouvait donc s'attendre à des valeurs élevées des rotations magnétiques permettant l'emploi de couches minces. Enfin il ne présente dans le spectre visible qu'une bande d'absorption. Il a en revanche l'inconvénient que la région de transparence située du côté des grandes longueurs d'onde se trouve déjà loin dans le rouge et que les mesures dans cette région spectrale sont difficiles : elles le sont plus encore quand elles sont compliquées par l'absorption et qu'on doit employer de grands angles de pénombres. Un autre inconvénient est que ce liquide doit être manié autant que possible à l'abri de l'oxygène de l'air.

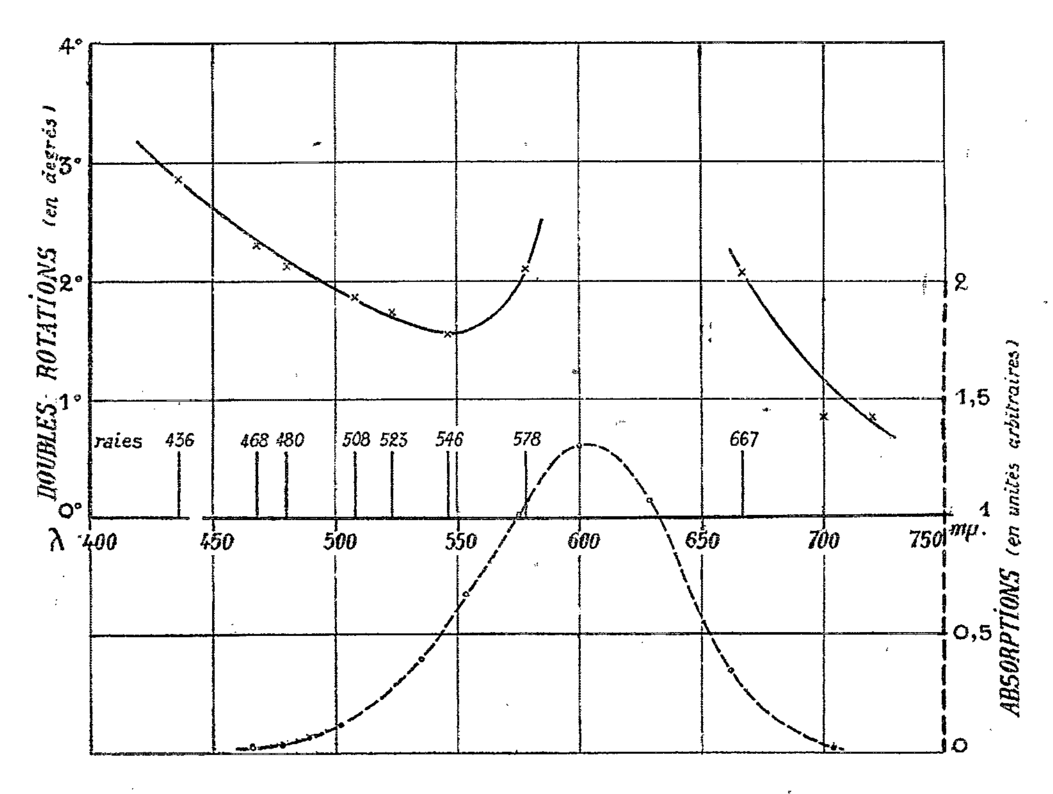
Le produit dont nous nous sommes servis avait été préparé autrefois par Tchougaeff : le regretté chimiste russe avait bien voulu envoyer à l'un de nous deux petites ampoules scellées où le liquide s'est conservé dans une atmosphère de gaz carbonique. Il avait joint la courbe reproduite en pointillé sur la figure qui indique approximativement la place de la bande d'absorption. Comme il y avait quelques traces de précipité, le corps a été distillé avant l'emploi. M. Haenny, qui s'est aimablement chargé de cette opération, a retenu la fraction la plus importante, qui a passé à 170° sous une pression de 8^{mm} de mercure. Des cristallisations seraient nécessaires pour purifier davantage ce produit. Une fois enfermé dans la cuve utilisée pour ces expériences, le liquide n'a pas paru s'altérer au cours des mesures comme l'a montré la répétition des déterminations faites avec la raie indigo du mercure.

Cette cuve a été construite en pratiquant un trou rond dans une feuille de mica épaisse seulement de $0^{mm},13$. Les deux glaces de fermeture, collées à la paraffine, l'une avant, l'autre après l'introduction de la goutte de liquide, étaient des lames minces de pyrex non trempées. Deux lames pareilles servaient à déterminer pour chaque radiation la correction à faire tenant à la rotation magnétique de ces glaces de fermeture.

Les radiations utilisées ont été fournies par l'arc au mercure, l'arc au cuivre, des ampoules à la vapeur de cadmium et à l'hélium utilisées avec l'appareil de F. Esclangon. Dans le rouge extrême on a dû se contenter, faute de mieux, d'utiliser des portions prises, avec le séparateur, dans le spectre continu d'un arc au charbon. Dans ces conditions la longueur

d'onde efficace est loin d'être bien définie ([1]) et les mesures correspondantes sont certainement moins précises.

La figure indique les résultats obtenus dans ces conditions. Malgré la faible épaisseur de la couche absorbante il n'a pas été possible de faire des



mesures au milieu même de la bande, dans la région où l'absorption est la plus grande.

Mais les valeurs trouvées de part et d'autre permettent dès à présent d'indiquer les résultats suivants : Pour ce liquide diamagnétique les anomalies de la dispersion rotatoire magnétique sont bien nettes des deux côtés de la bande. Elles ne présentent pas les mêmes caractères qu'on remarquait dans le cas du chlorure de cobalt. La dérivée $d\rho/d\lambda$ a des signes

([1]) On a pris dans ces cas la précaution d'interposer toujours le corps absorbant sur le trajet des rayons, même lorsqu'on déterminait la correction tenant aux glaces terminales.

opposés sur les deux bords de la bande, elle est positive du côté des courtes longueurs d'onde. Il n'y a plus de changement de signe des rotations.

Le dichroïsme circulaire magnétique a été recherché sans succès, mais seulement pour la radiation verte $508^{m\mu}$ pour laquelle les mesures sont encore faciles.

Il sera sans doute possible de pousser plus loin cette étude : On emploiera, pour avoir plus de lumière, des couches absorbantes plus minces encore, en même temps qu'on accroîtra l'intensité du champ magnétique. On utilisera dans ce but les bobines supplémentaires du grand électro-aimant de Bellevue qui viennent d'être construites. On pourra alors sans doute faire plus complètement l'étude de l'intérieur même de la bande. On verra en particulier en prenant un produit plus pur, si, comme il semble, il y a cette fois, dans la région du maximum d'absorption, un *maximum* (et non plus un point d'inflexion) sur la courbe représentant les rotations magnétiques.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Action de la vapeur d'eau sur le méthane.* Note de MM. **C. Matignon** et **M. Séon**.

L'hydrogène est aujourd'hui une matière première industrielle dont l'intérêt va sans cesse croissant (synthèse de l'ammoniaque, hydrogénation des huiles lourdes et du charbon, etc.).

Nous avons étudié l'action de la vapeur d'eau sur le méthane et sur d'autres carbures en vue de réaliser éventuellement, à partir de ces composés, une méthode de préparation de l'hydrogène.

La réaction

$$CH^4 + 2H^2 = CO^2 + 4H^2 - 41^{cal},2$$

aurait pour résultat de transformer le méthane en un volume d'hydrogène quadruple du sien. Or le méthane est fourni abondamment par certaines régions pétrolifères; il forme le quart du gaz des fours à coke et sa proportion atteint environ 50 pour 100 après l'élimination de l'hydrogène, effectuée en vue de la synthèse de l'ammoniaque, enfin il a produit abondamment dans la synthèse du pétrole à partir du charbon ou des huiles lourdes.

Par comparaison avec la réaction génératrice de gaz à l'eau

$$C + H^2O = CO + H^2 - 28^{cal},9,$$

la première est intéressante au point de vue économique puisqu'elle n'absorbe

par molécule de gaz utile dégagée que $10^{cal},3$ au lieu de $14^{cal},4$; elle est également facilitée en ce qui concerne la température de réalisation, puisque les énergies endothermiques par molécule gazeuse de l'état final, non compensée par une molécule du système initial, sont respectivement de $20^{cal},6$ et $28^{cal},9$.

Nous nous sommes proposé tout d'abord de trouver un catalyseur susceptible d'orienter le système vers la formation du gaz carbonique et d'étudier ensuite le rôle de la température. A cet effet, nous avons opéré, dans ces premiers essais, avec un grand excès d'eau (atteignant jusqu'à 80 fois la quantité théorique), c'est-à-dire dans des conditions éloignées de la pratique, mais qui permettaient de résoudre les problèmes posés.

On a déjà signalé que le nickel réduit [1], activé ou non, catalyse cette transformation, mais le nickel est trop sensible à l'action des impuretés pour constituer un catalyseur pratique à haute température. Nos essais ont porté sur la zircone, l'amiante zirconée préparée par voie chimique ou par simple saupoudrage, la thorine, l'oxyde de fer, seul ou additionné de 10 pour 100 de carbonate de potasse, l'alumine.

Les expériences ont été poursuivies dans des conditions comparables : même vitesse des gaz, même durée de contact.

Le gaz méthane utilisé était un gaz industriel préparé par la Compagnie des Mines de Béthune et répondant à la composition : CH^4, 63,7; N^2, 14,4; H^2, 10,0; CO, 7,3; O^2, 3,8; C^2H^4, traces.

Les gaz et vapeurs réactionnels traversent le catalyseur à la température de 1000°. Les gaz de la réaction prélevés en marche normale sont analysés sur la cuve à mercure par les procédés habituels. La teneur en gaz carbonique est un peu faible par suite de la présence de l'eau. Voir les résultats dans le tableau ci-contre.

La zircone et la thorine favorisent toutes deux la production du gaz carbonique, mais la zircone est plus avantageuse. Ce sont d'ailleurs des catalyseurs robustes à cause de la stabilité de leurs molécules qui les rend insensibles à l'action des impuretés, quand on opère dans la vapeur d'eau. Le zircon de Madagascar, beaucoup plus accessible que la zircone, ne nous a pas donné de bons résultats et non plus l'amiante zirconée. Les essais suivants qui ont eu pour but de mettre en évidence l'influence de la température, ont été poursuivis également avec un très grand excès de vapeur d'eau.

(1) NEUMANN et JACOB, *Zeits. Elek.*, 30, 1924, p. 557; KUBOTA et YAMANAKA, *Bull. Chem. Soc. Japan.*, 4, 1929, p. 1.

Catalyseur.	Tempé-rature.	Composition du gaz obtenu						Durée de contact.
		H^2.	N^2.	CH^4.	O^2.	CO.	CO^2.	
Gaz initial	1000°	10,0	14,4	63,7	3,8	7,3	0,0	–
Tube de SiO^2	»	16,3	13,0	57,6	2,3	5,4	4,3	–
ZrO^2	»	74,0	4,7	3,7	0,0	0,0	17,4	7″
»	»	73,9	4,8	3,9	0,0	0,0	16,9	»
»	»	74,4	4,8	3,9	0,0	0,0	17,2	»
Amiante zirconée	»	34,4	20,1	31,2	3,5	2,9	7,6	»
»	»	33,6	20,6	30,5	3,4	2,4	7,0	»
Amiante saupoudrée	»	60,6	10,2	15,4	0,0	1,4	14,7	»
»	»	58,5	9,8	14,7	0,0	1,2	14,0	»
ThO^2	»	63,9	6,2	13,9	0,0	0,0	15,9	»
»	»	63,1	6,0	13,1	0,0	0,0	15,5	»
Fe^2O^3	»	43,9	9,2	32,1	0,0	2,9	11,9	»
»	»	42,4	9,9	33,6	0,0	2,2	11,2	»
Fe^2O^3 + 10 pour 100 CO^3K^2	»	33,6	11,9	41,9	0,0	2,3	11,9	»
»	»	32,9	11,2	40,8	0,0	1,9	11,2	»
Al^2O^3	»	41,4	10,9	34,2	0,0	4,4	10,1	»
»	»	40,2	10,1	33,1	0,0	4,0	9,5	»

Le méthane mis en œuvre était un méthane pur dosant 99,9 pour 100. Les expériences ont été conduites à 1050°, 900° et 860°. Pour obtenir plus de précision dans l'analyse des gaz, nous avons employé l'excellente méthode de Hempel-Drehschmidt sous la forme que lui ont donnée MM. de Ruder et Biedermann (¹).

Les gaz carbonique et oxygène sont absorbés par leurs réactifs habituels, l'acétylène par la solution alcaline d'iodomercurate de potasse, l'éthylène par l'acide sulfurique activé avec le sulfate de nickel, l'oxyde de carbone par la solution cupro-ammonique, enfin l'hydrogène et le méthane sont déterminés simultanément par combustion. L'acétylène et l'éthylène n'ont pas été constatés en quantité appréciable.

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 47, 1930, p. 715.

Température.	Durée de contact.	Composition du gaz obtenu. H^2.	CH^4.	CO.	CO^2.	Rapport de la vapeur H^2O.
1050°	7″	82	0,0	0,0	17,9	1
»	»	80,9	0,0	0,0	18,6	1
»	»	81,2	0,0	0,0	18,9	1
960°	8″	69,1	17,0	2,7	13,0	0,54
»	»	67,8	16,4	2,7	12,5	0,54
»	»	67,9	16,7	2,6	12,7	0,54
»	»	69,2	18,1	3,1	11,1	0,84
»	»	68,0	17,0	2,9	10,0	0,84
»	»	68,4	17,1	3,0	10,1	0,84
»	»	68,2	16,9	3,1	11,2	1,1
860°	7″	23,1	69,2	1,0	4,2	0,25
»	»	24,9	71,0	0,9	4,4	0,25
»	»	25,1	70,7	0,9	4,2	0,25
»	»	38,2	54,0	0,8	7,6	0,32
»	»	37,1	53,0	0,6	7,4	0,32
»	»	43,4	49,2	2,9	5,2	0,42
»	»	43,0	48,1	2,5	4,7	0,42
»	»	63,0	23,0	2,3	13,1	1,16
»	»	62,9	23,9	2,1	13,0	1,16

Dans la dernière colonne, on a donné les quantités relatives de vapeur d'eau utilisées pour un même volume de méthane, en représentant par l'unité celle qui correspond à la première expérience. A 1050°, nous avons obtenu une transformation intégrale du gaz méthane en gaz carbonique. Quand la température s'abaisse l'oxyde de carbone apparaît en même temps qu'augmente la proportion de méthane non décomposé; toutes les conditions restant les mêmes : proportion de vapeur d'eau, durée de contact. A 800°, la réaction est assez fortement influencée par la quantité de vapeur d'eau. En employant jusqu'à 1000 fois la quantité théorique, on a pu abaisser la proportion de méthane non décomposé, au-dessous de 20 pour 100.

Il résulte de l'ensemble de ces essais que la zircone constitue un excellent catalyseur pour transformer le gaz méthane en gaz carbonique et hydrogène. C'est un catalyseur robuste, qui paraît, quand on opère dans la vapeur d'eau, insensible à l'action des impuretés. Les températures voisines de 1050° ou au-dessus paraissent particulièrement favorables pour la production de l'hydrogène à partir du méthane, dans les conditions particulières où nous avons opéré : lenteur de la réaction, grand excès de vapeur d'eau.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'importance des sulfates comme engrais.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **L. Silberstein**.

On ne peut obtenir de bonnes récoltes dans les expériences de laboratoire en milieux artificiels, sans introduire dans ces milieux une certaine proportion de soufre combiné sous une forme assimilable, par exemple, celle de sulfate alcalin ou calcique. Mais en est-il de même dans la pratique agricole? Les agronomes auxquels on pose la question répondent qu'ils ne se préoccupent pas de fournir des engrais sulfatés aux plantes et ils pensent même, en général, que cela est tout à fait inutile. L'un de nous a expliqué comment une telle manière de voir avait pu prendre naissance et montré le danger qu'elle ne manquerait pas de faire courir à la culture et, en particulier, à la culture intensive (¹).

Depuis, l'argumentation s'est précisée. Les recherches que nous avons poursuivies, à l'aide d'une méthode d'analyse plus rigoureuse que celles utilisées jusqua-là (²), nous ont permis d'établir que, non seulement les plantes exigent pour la construction de leurs tissus des quantités de soufre beaucoup plus grandes qu'on le supposait (³), mais que les terres cultivées peuvent ne contenir que des proportions très petites de soufre assimilable, parfois même inférieures à quelques décigrammes par kilogramme (⁴).

Il était logique d'admettre, une fois ces faits établis, que du soufre ajouté sous forme de sulfate soluble à une terre pauvre en métalloïde devait y jouer le rôle favorable d'un engrais. Nous avons cru nécessaire, à cause de l'opinion courante en agronomie rappelée plus haut, d'en acquérir la preuve par une expérimentation directe.

Nous nous sommes procuré, après de nombreuses analyses, un échantillon de terre arable pauvre en soufre. Cette terre, assez fortement argileuse, provenait de Perrigny, près d'Auxerre ; elle nous avait été aimablement procurée par M. E. Rousseaux, directeur de la Station agronomique de

(¹) Gab. Bertrand. *C. R. Ac. Agr.*, 13, 1927, p. 117 et 146 ; *Bull. agricole*, 47, 1927, p. 19, et *C. R. IXᵉ Congr. de Chimie industrielle*, 13-19 oct. 1929.

(²) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 41, 1927, p. 950.

(³) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 886 et 1045, et *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 47, 1930, p. 95.

(⁴) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1388, et *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 41, 1927, p. 950 et 1380.

l'Yonne[1]. Passée au tamis de 1mm, bien mélangée et desséchée à l'air, elle renfermait seulement 0g,114 de soufre total par kilogramme : à côté de cet élément, se trouvait 0g,056 de baryum. En supposant le métal alcalinoterreux à l'état de sulfate, on calcule qu'il pouvait y avoir par kilogramme de terre 0g,013 de soufre paralysé sous une forme très peu soluble et difficilement assimilable [2].

Cette terre a été mise en culture après avoir été partagée en trois séries de pots. La première série servant de témoin, la deuxième a été additionnée d'une quantité de nitrate de baryum correspondant à la transformation totale du soufre présent en sulfate barytique, la troisième, au contraire, a été additionnée d'un peu de sulfate sodique. Ceci étant fait, on a ajouté aux pots des trois séries du phosphate de potassium et du nitrate de sodium en proportions telles qu'il y ait partout autant d'azote et de potassium ; enfin, on a ensemencé avec du colza et comparé les résultats obtenus.

Les sels, quels qu'ils soient, ont été ajoutés peu à peu à la terre, en solutions étendues, et en mélangeant avec soin. On a introduit ainsi, dans chaque kilogramme de terre :

	Série n° 1.	Série n° 2.	Série n° 3.
	g	g	g
PO^4HK^2	0,700	0,700	0,700
NO^3Na	3,035	2,499	3,035
$(NO^3)^2Ba$	–	0,824	–
$SO^4Na^2 + 10H^2O$	–	–	2,500
Correspondant à :			
Phosphore	0,125	0,125	0,125
Potassium	0,314	0,314	0,314
Azote nitrique	0,500	0,500	0,500
Soufre	–	–	0,250

L'eau dont nous nous sommes servis avait été redistillée sous pression réduite dans un appareil tout en verre, les bouchons et joints en caoutchouc suffisant à introduire de petites quantités de soufre qui peuvent atteindre et même dépasser le milligramme par litre.

Les pots, en terre cuite, avaient été lavés, séchés, puis imprégnés à fond de paraffine, par immersion dans un bain de cette substance fondue. Il en

(1) Nous avions tenté l'expérience l'année précédente, mais nous l'avions complètement manquée parce que nous nous étions servis d'une terre de garrigues renfermant des sulfures métalliques (voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2097).

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 335 et 477.

était de même des soucoupes dans lesquelles reposaient les pots, et des fragments de terre cuite placés au fond de ceux-ci pour faciliter l'aération de la terre. Les pots ne reposaient pas directement sur les soucoupes; ils en étaient séparés par trois petits carrés de verre à vitre paraffinés.

Il y avait dans chaque pot 1400^g de terre séchée à l'air et une quantité d'eau correspondant à 14 pour 100 de ce poids.

Les pots étaient au nombre de trois par série; ils étaient placés sur une table basse, sous un abri vitré qui les garantissait complètement de la pluie, celle-ci apportant toujours des composés solubles du soufre.

Le semis a eu lieu le 23 avril, la germination a commencé dès le début de mai, la floraison au milieu de juin, et la récolte des fruits mûrs à la fin d'août. Le 11 juin, on a introduit chacun dans des pots une même quantité de phosphate de potassium et de nitrate de sodium égale à la moitié de celle du début.

Les résultats ont été des plus nets. Le 6 juillet, par exemple, au moment où l'on a pris une photographie (¹), l'aspect et les dimensions des plantes étaient remarquablement différents. Les pieds de colza développés dans la terre sulfatée présentaient déjà de nombreuses siliques et atteignaient une hauteur moyenne de $0^m,42$, tandis que ceux de la terre témoin commençaient seulement à fructifier et n'avaient qu'une hauteur moyenne de $0^m,18$, inférieure à la moitié des précédents. Quant aux pieds de colza de la terre où l'on avait plus ou moins paralysé le soufre par le baryum, ils ne portaient encore aucune fleur et leur taille moyenne atteignait seulement le cinquième de celle des plantes sulfatées.

Le colza est cultivé pour ses graines. Aussi avons-nous attendu la maturité complète de celles-ci pour procéder aux récoltes (du 20 août au 1er septembre). Les graines, les siliques vidées et les tiges avec les feuilles qu'elles portaient encore ont été séparées, séchées à l'étuve à $+100°$ et pesées séparément. Dans les tableaux de résultats ne figureront que les poids de substances sèches; les comparaisons seront ainsi plus précises. Faisons remarquer, enfin, qu'au moment des récoltes, quelques pieds ayant défailli au cours de l'expérience, il n'y en avait pas tout à fait le même nombre dans chaque série. Nous donnerons, à cause de cela, à la fois les chiffres bruts des récoltes et ceux rapportés à 100 pieds de colza.

Voici maintenant les résultats numériques obtenus :

(¹) On en trouvera la reproduction, avec les détails qui n'ont pu trouver place ici, dans une autre publication.

Séries.	Nombre de pieds.	Siliques. Nombre. récolté.	p. 100 pieds.	Siliques. Poids. récolté.	p. 100 pieds.	Tiges et feuilles. Poids. récolté.	p. 100 pieds.	Substances sèches totales. Poids. récolté.	p. 100 pieds.
Témoin...	16	207	1294	15,32 g	95,8 g	10,74 g	67,1 g	26,06 g	162,9 g
+ Baryum.	18	175	972	11,65	64,7	13,17	73,2	24,82	137,8
+ Sulfate.	15	340	2267	26,43	176,2	20,72	138,1	47,15	314,3

Les siliques ont fourni, après la séparation des graines :

Séries.	Graines récoltées.	Graines p. 100 pieds.	Siliques vides récoltées.	Siliques vides p. 100 pieds.	Rendement en graines récoltées.	Rendement en graines p. 100 pieds.
Témoin.......	7,82 g	48,9 g	7,50 g	46,9 g	100,0 g	167,5 g
+ Baryum.....	5,25	29,2	6,40	35,6	59,7	100,0
+ Sulfate.....	13,44	89,6	12,99	86,6	183,3	306,9

C'est-à-dire que la récolte de graines a fourni avec le colza cultivé dans la terre additionnée de sulfate de sodium un excédent de 83,3 pour 100 par rapport à la récolte obtenue sans cette addition. L'augmentation du rendement atteint même 207 pour 100 quand on la compare au cas où les sulfates du sol ont été plus ou moins paralysés à l'état de sel de baryum.

L'insuffisance de la proportion de soufre assimilable contenue dans la terre qui a servi à notre expérience a limité d'une manière très importante l'action des autres facteurs de croissance et, notamment, de l'azote, du phosphore et du potassium ajoutés ici comme engrais de fond.

L'industrie des engrais tend de plus en plus à ne fabriquer que des produits chimiques concentrés, comme l'urée ou les mélanges salins dans lesquels l'acide nitrique et l'acide phosphorique sont combinés à l'ammoniac et au potassium. L'agronome qui pratique la culture intensive devra donc, comme l'un de nous l'a déjà recommandé [1], ajouter au moins une certaine proportion de $SO^4(NH^4)^2$ ou de SO^4K^2, voire de sulfate de Ca, aux engrais chimiques concentrés, mais incomplets, que lui offre l'industrie nouvelle.

[1] *Loc. cit.*

EFFET RAMAN. — *Le spectre Raman de l'ion* SO^4 *dans le gypse.* Note [1] de M. **Jean Cabannes.**

J'ai proposé récemment ici même [2] une théorie très simple qui permet de prévoir l'état de polarisation d'une raie Raman diffusée par un cristal, suivant le caractère symétrique ou antisymétrique de l'oscillation correspondante. Pour contrôler cette théorie, j'ai analysé avec un prisme biréfringent et un spectrographe la lumière diffusée par un cristal de gypse.

Je me limiterai dans cette Note aux six raies Raman qui proviennent des oscillations *internes* de l'ion SO^4. Leurs fréquences sont : 414, 495, 620, 671, 1009 et 1136 cm^{-1}. Si les noyaux atomiques formaient un tétraèdre régulier, le nombre des raies se réduirait à quatre, comme dans les solutions aqueuses des sulfates alcalins [3] (457, 617, 981 et 1102 cm^{-1}), ou des perchlorates alcalins (Z. Ollano, *Nuovo Cimento*, 9, 1932, fasc. 9) (462, 626, 935 et 1119 cm^{-1}). La structure cristalline a donc déformé l'ion SO^4, mais on peut admettre qu'il conserve au moins un axe binaire parallèle à l'axe L du cristal. Il n'a certainement pas la symétrie S_4^u, car dans cette hypothèse les raies 414, 495 et 1009 seraient seules permises; mais peut-être s'en écarte-t-il assez peu. En tout cas il nous reste le choix [4] entre les symétries D_2, C_2^v et C_2. On devrait alors observer neuf raies Raman; si nous n'en trouvons que six, c'est probablement parce que nous n'arrivons pas à dédoubler certaines d'entre elles, la déformation de l'ion SO^4 étant faible et la dispersion de notre spectrographe, insuffisante.

Nous nous sommes alors posé le problème suivant : quelles sont les fréquences symétriques et antisymétriques par rapport à l'axe L du cristal? Pour répondre à la question, on peut chercher le facteur de dépolarisation ρ des raies Raman après avoir orienté l'axe L normalement aux deux rayons

---

(1) Séance du 19 décembre 1932.

(2) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2134.

(3) F. Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, 1932, J. Springer, Berlin.

(4) F. Rasetti (*Nuovo Cimento*, 9, 1932, fasc. 3) a cherché les raies Raman de l'anhydrite (sulfate de calcium sans eau de cristallisation); il a trouvé dans ce cristal, pour l'ion SO^4, les fréquences 499, 676, 1019 et 1113-1129-1160 cm^{-1}. Si nous admettons que les raies 414 et 620 ont échappé à Rasetti (comme lui a échappé la raie 620 du gypse), le spectre de l'ion SO^4 est le même dans le gypse que dans l'anhydrite, qui est un cristal terbinaire. Il est donc probable que l'ion SO^4 a, dans le gypse comme dans l'anhydrite, la symétrie D_2.

incident et diffusé [1]. On éclaire d'abord le cristal avec une vibration rectiligne parallèle à L (cliché 1), puis avec une vibration perpendiculaire à L (cliché 2). Les oscillations symétriques doivent donner $\rho = 0$ sur le premier cliché et $\rho = \infty$ sur le second; pour les oscillations antisymétriques, c'est le contraire.

On peut aussi coucher l'axe L sur le rayon incident et éclairer le cristal en lumière naturelle. Les oscillations symétriques doivent alors donner $\rho = 0$; et les antisymétriques, $\rho = \infty$. Il est bon de prendre deux photographies en faisant tourner le cristal de 90° autour de l'axe L maintenu parallèle au rayon incident (clichés 3 et 4). Les résultats obtenus sont les suivants :

1° La raie 1009, de beaucoup la plus intense, est symétrique. Elle garde sensiblement la même intensité sur les clichés 1, 3, 4; elle n'apparaît pas sur le cliché 2. Les deux ellipsoïdes E et H diffèrent donc assez peu de deux ellipsoïdes de révolution. *Qualitativement* on retrouve pour cette raie les caractères de celle que produirait l'oscillation symétrique d'un tétraèdre régulier.

2° Les raies 414 et 495 sont, elles aussi, symétriques. Mais leurs intensités ne restent pas constantes dans les clichés 3 et 4. Sur le cliché 3, la raie 495 est de beaucoup la plus intense; la raie 414 y apparaît à peine. Mais sur le cliché 4, après rotation de 90° autour de l'axe L, les intensités sont interverties. En outre l'intensité de la raie 495 est très faible sur le cliché 1. Admettons que l'ion SO^4 ne soit pas loin d'avoir la symétrie S''_4, et que la raie 495 soit antisymétrique par rapport à L *considéré comme un axe alterne d'ordre* 4. Pendant l'oscillation correspondante la réfractivité suivant L doit rester constante. Dans ces conditions, la raie 495 ne doit pas apparaître sur le cliché 1, ce qui est conforme à l'expérience. Mais les variations d'intensité des raies 414 et 495 sur les clichés 3 et 4 montrent que l'axe L n'est pas rigoureusement un axe alterne d'ordre 4. On peut cependant se représenter grossièrement les oscillations de fréquences 414 et 495 en revenant au cas limite du tétraèdre régulier; elles dérivent de l'oscillation doublement dégénérée des noyaux O sur la sphère de centre S. Après étirement du tétraèdre suivant l'axe binaire L, les déplacements des

---

[1] Dans la Note citée plus haut, où j'ai proposé cette méthode, il faut évidemment lire (lignes 32 et 33) : *Pendant l'oscillation l'ellipsoïde* E *conserve une de ses directions principales suivant* L_2; et non pas : *L'ellipsoïde* E *conserve ses directions principales, qui sont aussi celles de la quadrique* H. Cette rectification ne change rien aux conclusions de la Note.

noyaux O suivant des méridiens se font avec la fréquence 414; et suivant des parallèles, avec la fréquence 495. Ces oscillations sont toutes les deux symétriques par rapport à l'axe L *considéré comme un axe binaire*.

3° La raie 671 est antisymétrique.

4° Les raies 620 et 1136 apparaissent sur les clichés comme la superposition de raies symétriques et antisymétriques, ce qui est bien d'accord avec notre hypothèse d'une dispersion insuffisante. Théoriquement, en 620 doivent apparaître une raie symétrique et une antisymétrique; vers 1136, une raie symétrique et deux antisymétriques.

Conclusion. — J'ai pu rattacher le spectre de l'ion déformé à celui du tétraèdre régulier et retrouver par l'expérience les *cinq* fréquenees symétriques par rapport à l'axe binaire L, que donnerait un dénombrement direct. Le cristal étudié était limité par trois faces planes à peu près normales : l'une suivant le clivage g_1 ; une autre à 75° du clivage vitreux $g_1 h_1$ et à 141° du clivage fibreux $g_1 p$.

GÉOLOGIE. — *Rôle de la solifluxion dans la morphogénie des collines de Normandie et du Maine*. Note (¹) de M. **A. Bigot**.

La morphologie du Massif ancien de la Basse-Normandie et du Maine a éte renouvelée pendant la période quaternaire par les conditions climatériques, de caractère périglaciaire, auxquelles sont dues la formation d'amoncellements de blocs et la formation de coulées boueuses de solifluxion (*head*). En s'étalant sur les pentes ces formations ont modifié l'ancienne topographie (²) et fourni les matériaux des limons, des alluvions des cours d'eau et des cordons littoraux marins.

La région des collines de Normandie et du Maine est particulièrement instructive pour l'étude de ces formations et de leur rôle dans la topographie actuelle (³). Région de forts reliefs, dépassant ordinairement 300^{m}, et atteignant deux fois 417^{m}, elle est constituée par l'affleurement de

(¹) Séance du 19 décembre 1932.

(²) Y. Milon et L. Dangeard, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 136.

(³) La connaissance de l'existence de ce climat périglaciaire résulte aussi de l'étude de la flore résiduelle de la région de Multonne, qui comprend une proportion exceptionnelle de formes circumboréales [G. Lemée, *Les bruyères à Sphaignes du Massif de Multonne* (*Bull. Soc. Norm.*, 8ᵉ série, 4, 1932, p. 23)].

bandes de grès formant des crêtes et de bandes de schistes jalonnées par des dépressions. Cet ensemble domine des régions plus basses, à topographie plus adoucie, formées par des roches briovériennes ou des granites.

L'action du gel dans l'ameublissement des roches s'observe nettement sur les fronts de taille des carrières.

La carrière du Tertre de Crennes, au nord de Villaines-la-Juhel, montrait, en avril 1931, sur une épaisseur de 4^m, une zone continue de blocaux serrés, prismatiques, anguleux, surmontant une surface presque horizontale, sur les bancs verticaux du Grès de May. Cette zone de blocaux n'est pas un *dépôt* recouvrant une ancienne surface des grès; c'est une formation résultant de l'altération par le gel de la tête des bancs de grès, très diaclasés en ce point.

Au nord de Pré-en-Pail, sur la route de Villaines-la-Juhel, vers le Buisson, une carrière entame le Grès armoricain sur une hauteur d'environ 8^m. Les bancs de grès, très redressés, sont recouverts par des sables argileux avec blocaux et veines roussâtres. Les sables sont descendus des parties de la pente situées au-dessus de la carrière; c'est une formation de *head* qui augmente d'épaisseur dans la partie nord de la carrière. Le grès que recouvre le *head* est morcelé par de très nombreuses fissures; il est devenu friable, souvent même ameubli en sable et exploité comme tel. L'action du gel s'est fait sentir au moins jusqu'à la profondeur de 8^m.

La formation des coulées boueuses et des coulées pierreuses à blocaux résulte de l'entraînement sur les versants pendant le dégel de ces formations ainsi ameublies. Au raccord avec l'origine de ces coulées, les bancs disloqués s'incurvent vers la pente suivant la disposition décrite sous le nom de *structure en crochet* (Carrière au sud de la précédente, près du carrefour de Saint-Cyr-en-Pail); puis les blocaux glissent sur la pente en s'écartant.

Au pied des crêtes de grès, terminées du côté opposé au plongement par un abrupt, s'étalent ainsi des talus de blocs rocheux, dont quelques-uns, atteignant 2^{m^3}, peuvent être entraînés très loin de leur lieu d'origine (à 300^m au sud de la Roche d'Hardanges, où ces blocs ont été considérés comme des blocs d'affleurement sur place). Le revers sud de la Chaîne de grès de Mortain se termine au bord d'un talus qui, au pied de l'abrupt, montre de larges amoncellements de blocs de grès. A Bagnoles, sur la rive droite de la vallée de la Vée, en face de l'Établissement thermal, un amoncellement d'énormes blocs de grès s'appuie contre une haute parois de grès armoricain. Cette disposition est générale, réalisée chaque fois qu'une paroi gréseuse était assez fissurée pour qu'elle pût être disloquée par les

alternatives de gel et de dégel, et assez abrupte pour que les parties disloquées pussent tomber au pied de la paroi.

D'une façon générale, du pied des crêtes descend un talus de *head*, qui, s'il arrive jusqu'aux vallées, les remblaie en partie et prépare par son accumulation le nivellement, et en tout cas l'adoucissement de la surface topographique. L'ancienne surface vallonnée de la région du Mont du Saule, au nord d'Hardanges, a été remplacée par un plateau ondulé au bord duquel la limite du grès armoricain ne se traduit que par un très léger ressaut. Au flanc nord du Mont Castre de Lithaire, près de la Haye du Puits (Manche), un talus de solifluxion, large de près de 2^{km}, et qui a été négligé par la Carte géologique, descend presque jusqu'au niveau de la vallée. De même, le flanc nord de la bande de grès du Roule, près de Cherbourg, domine un talus de même nature, distingué sur la Carte géologique, et dont on voit les blocaux s'appuyer sur les grès dans une carrière au-dessous du Fort du Roule.

Ces formations de solifluxion, comme celles des formations de même origine dans les terrasses littorales ([1]), ne renferment que des éléments de provenance exclusivement locale et immédiate, non roulés, à moins qu'ils ne fussent déjà roulés dans la roche qui les a fournis. Leur épaisseur peut être très grande, bien que leur épaisseur absolue ne soit pas connue. Des travaux de recherches minières sur le flanc Est de la forêt d'Écouves, près de Vingthanaps, ont traversé ces dépôts sur une épaisseur de 8^m.

Ces formations doivent donc retenir l'attention des géologues et des géographes à cause de leur origine, de leur mode de formation, de leur importance dans la formation des reliefs actuels du Massif armoricain, et il est indispensable de les distinguer des simples éboulis, dont l'importance se trouve très réduite. Elles doivent être figurées sur les cartes géologiques détaillées au même titre que les terrasses littorales dont elles sont contemporaines.

M. Ch. **Fabry** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Pierre Bricout : *Microénergétique*. Tome I. *Introduction*, dont il a écrit la *Préface*.

([1]) Sur lesquelles j'ai appelé pour la première fois l'attention en 1897 (*Comptes rendus*, **125**, 1897, p. 380). Voir aussi : *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 719, et *Livre jubilaire de la Société géologique de France*, 1930, p. 133).

M. C. **Matignon** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *L'extinction des liquides inflammables en combustion*.

M. **Ernest Esclangon**, faisant hommage à l'Académie, au nom de M. L. **Picart**, d'un volume publié sous la direction de celui-ci et intitulé : *Nouvelles observations des étoiles contenues dans le second Catalogue de l'Observatoire de Bordeaux. Étoiles de repère du Catalogue photographique. Zone* $+10°$ *à* $+18°$, s'exprime en ces termes :

Les *nouvelles* observations du second Catalogue, contenues dans cet important Ouvrage, sont publiées sous la forme réduite d'une comparaison systématique avec le second Catalogue de l'Observatoire de Bordeaux.

La presque totalité des écarts importants constatés entre les positions anciennes et les nouvelles s'expliquent par des mouvements propres dont certains sont du reste déjà connus par d'autres observations, mais parfois assez discordants avec ceux déduits des *Nouvelles observations*.

Le travail d'observation a été exécuté dans la période de 1918 à 1926, et plus de la moitié est due à M. Trousset, qui a eu comme principal collaborateur M. Gramont.

Les mouvements propres ont actuellement une grande importance en Astronomie stellaire; leur nombre est devenu assez grand pour se prêter à des études fécondes de statistique.

Le travail de l'Observatoire de Bordeaux apporte dans ce genre de recherches une nouvelle et importante contribution dont il y a lieu de le féliciter vivement.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui occupera, dans la *Commission supérieure des Inventions*, la place vacante par le décès de M. le général *Ferrié*.

M. **Gaston Delépine** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1931.

M. **Abel Rey** adresse des remercîments pour la distinction qui a été accordée à ses travaux.

Le **Comité d'organisation de l'International Geological Congress** invite l'Académie à se faire représenter à la *seizième session*, qui se tiendra à Washington, D. C., du 22 au 29 juillet 1933.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Points focaux des cercles d'une congruence.* Note [1] de M. **Paul Vincensini.**

1. Les points focaux de chaque cercle d'une congruence sont : d'abord les deux points communs à ce cercle et au cercle de l'infini, puis quatre nouveaux points en général à distance finie. M. Bertrand Gambier a récemment signalé (*Comptes rendus* 195, 1932, p. 928) que *la condition nécessaire et suffisante pour que deux nouveaux points focaux soient rejetés à l'infini est que les axes des cercles forment une congruence isotrope.* Une erreur d'interprétation lui avait fait croire impossible que les deux derniers points focaux à distance finie puissent être eux-mêmes absorbés par le cercle de l'infini; un échange de vues entre M. Gambier et moi-même m'a conduit à rectifier ce résultat et *à déterminer explicitement les congruences de cercles dont les points focaux sont tous les six à l'infini.*

2. Débarrassons-nous d'un cas évident que M. P. Delens nous signale : *soit une famille ∞^1 de plans parallèles; dans chacun construisons ∞^1 cercles concentriques.* Dans ce cas les points focaux coïncident avec deux points *fixes* du cercle de l'infini, l'axe du cercle est ou bien fixe, ou génératrice d'une surface cylindrique.

3. Je rappelle la définition que j'ai donnée (*Comptes rendus*, 193, p. 144) de la congruence isotrope générale. Une sphère S unité de centre O est rapportée à un système orthogonal isotherme, avec un ds^2 égal à $\lambda^2(du^2+dv^2)$, la fonction λ étant solution de $\partial^2 \log\lambda/\partial u^2 + \partial^2 \log\lambda/\partial v^2 + \lambda^2 = 0$. Sur la tangente au point P de la courbe de v de S, on porte $\overline{\mathrm{PI}} = \lambda$; la parallèle (D) issue de I à OP engendre la congruence isotrope (Γ) la plus générale; le cercle C d'axe D est défini par la distance $k(u, v)$ de son plan au point O et son rayon $r(u, v)$. X_i, Y_i, Z_i ($i = 1, 2, 3$) étant les cosinus directeurs des tangentes aux courbes v, u et de la normale en P à S, θ étant l'angle que le rayon du point M de C fait avec la direction 1, les coordonnées de M sont

$$X = kX_3 + (\lambda + r\cos\theta)X_1 + r\sin\theta X_2, \qquad Y = kY_3 \ldots, \qquad Z = \ldots.$$

[1] Séance du 19 décembre 1932.

En écrivant que le déplacement infinitésimal de M s'effectue suivant la tangente à C, on est conduit, après un calcul classique, utilisant les formules relatives au trièdre mobile attaché à S, à l'équation suivante définissant les angles θ des *deux* points focaux restants à distance finie :

$$(1) \qquad A\sin\theta + B\cos\theta + C = 0;$$

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} A &\equiv \lambda\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{r^2}{2}\right) - \frac{\partial k}{\partial v}\frac{\partial\lambda}{\partial v} - \frac{\partial k}{\partial u}\frac{\partial\lambda}{\partial u} - \lambda^2\frac{\partial\lambda}{\partial u} + \lambda k\frac{\partial k}{\partial u} + \lambda^3 k, \\ B &\equiv -\lambda\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{r^2}{2}\right) + \frac{\partial k}{\partial v}\frac{\partial\lambda}{\partial u} - \frac{\partial k}{\partial u}\frac{\partial\lambda}{\partial v} - \lambda k\frac{\partial k}{\partial v} - \lambda^2\frac{\partial\lambda}{\partial v}, \\ C &\equiv \frac{\partial r}{\partial u}\frac{\partial k}{\partial v} - \frac{\partial k}{\partial u}\frac{\partial r}{\partial v} - \lambda^2\frac{\partial r}{\partial v} - r\lambda\frac{\partial\lambda}{\partial v}. \end{aligned} \right.$$

La forme de l'équation (1) confirme le premier résultat de M. Gambier et permet ensuite d'énoncer le résultat : *Les congruences de cercles telles que* $A \equiv B \equiv 0$ *ont tous leurs points focaux rejetés à l'infini. A chaque congruence rectiligne isotrope due au choix de* λ *correspond une famille de congruences de tels cercles obtenue en égalant les valeurs de* $\partial^2(r^2)/\partial u\,\partial v$ *déduites des relations* $A = 0$, $B = 0$. On obtient ainsi l'équation linéaire en k :

$$(E) \equiv M\left(\frac{\partial^2 k}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial v^2}\right) + N\frac{\partial k}{\partial u} + P\frac{\partial k}{\partial v} + Qk + R = 0;$$

$$(3) \quad \left\{ \begin{aligned} &M = \frac{\partial\log(\lambda^2)}{\partial v}, \qquad N = 2\frac{\partial^2\log(\lambda^2)}{\partial u\,\partial v}, \qquad P = \frac{\partial^2\log(\lambda^2)}{\partial v^2} - \frac{\partial^2\log(\lambda^2)}{\partial u^2} - 2\lambda^2, \\ &Q = -2\frac{\partial(\lambda^2)}{\partial v}, \qquad R = 2\frac{\partial^2\lambda}{\partial u\,\partial v} - \frac{\partial(\lambda^2)}{\partial v}. \end{aligned} \right.$$

L'équation (1) se prête aussi à la résolution de nombreux cas particuliers différents : recherche des congruences telles que les points focaux soient confondus, ou encore telles que les rayons de ces points fassent un angle constant (en particulier points focaux diamétralement opposés).

4. M. Gambier m'a signalé que l'équation (E) peut être intégrée explicitement en utilisant les paramètres des génératrices de S. Supposons C défini par

$$(\Sigma) \equiv x^2 + y^2 + z^2 - 2x_1xt - 2y_1yt - 2z_1zt - 2\sigma_1t^2 = 0,$$
$$(\pi) \equiv ux + vy + wz + ht = 0 \qquad (u^2 + v^2 + w^2 \equiv 1),$$

(x_1, y_1, z_1) est le point central sur chaque rayon de la congruence isotrope des axes des cercles C; les fonctions x_1, y_1, z_1, u, v, w sont exprimées en fonction des paramètres α, β des génératrices de la sphère de sorte que

$du^2 + dv^2 + dw^2 = 2\lambda\, d\alpha\, d\beta$. En posant

$$P \equiv \frac{\partial \pi}{\partial \alpha}, \qquad Q \equiv \frac{\partial \pi}{\partial \beta}, \qquad \varphi \equiv \frac{\partial \varphi_1}{\partial \alpha} - \lambda \frac{\partial \alpha}{\partial h} + h \frac{\partial \lambda}{\partial \alpha}, \qquad \psi = \frac{\partial \sigma_1}{\partial \beta} + \lambda \frac{\partial h}{\partial \beta} - h \frac{\partial \lambda}{\partial \beta},$$

l'ensemble des points focaux est défini par l'intersection du cercle et du cylindre de révolution $2\lambda PQ + Q\varphi - P\psi = 0$, dont l'axe est parallèle à l'axe de C; tous les points focaux sont rejetés à l'infini si l'axe du cylindre coïncide avec l'axe de C, ce qui donne sans peine

$$(4) \qquad \begin{cases} \sigma_1 + h\lambda = -2\displaystyle\int_{\alpha_0}^{\alpha} \lambda\left(x_1 \frac{\partial u}{\partial \alpha} + y_1 \frac{\partial v}{\partial \alpha} + z_1 \frac{\partial w}{\partial \alpha}\right) d\alpha + 2B(\beta), \\ \sigma_1 + h\lambda = \quad 2\displaystyle\int_{\beta_0}^{\beta} \lambda\left(x_1 \frac{\partial u}{\partial \beta} + y_1 \frac{\partial v}{\partial \beta} + z_1 \frac{\partial w}{\partial \beta}\right) d\beta + 2A(\alpha). \end{cases}$$

Pour les cercles réels α et β prennent des valeurs conjuguées et λ est imaginaire pure; α_0 et β_0 sont des constantes conjuguées, A et B des fonctions complexes de α et β respectivement, prenant des valeurs conjuguées en même temps que α et β.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations non linéaires du type elliptique, théorème général et application.* Note de M. **Georges Giraud**.

1. *Soit $\mathcal{D}$ un domaine borné de l'espace à m dimensions ($m \geq 2$); on suppose que les dérivées des coordonnées des points de la frontière $\mathcal{S}$ par rapport aux paramètres existent et remplissent des conditions de Hölder d'exposant $k < 1$, et qu'il n'y a pas de points singuliers. On considère l'équation linéaire du type elliptique*

$$\Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\, \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha\, b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu = f;$$

on suppose que les fonctions b_α ($\alpha = 1, 2, \ldots, m$), c et f sont continues en tout point de $\mathcal{D}$ et valent $O(r^{k-1})$, où r est la distance à $\mathcal{S}$; quant aux $a_{\alpha,\beta}$, on les suppose höldériens dans $\mathcal{D} + \mathcal{S}$ avec un exposant quelconque h. Si les dérivées des valeurs prises sur $\mathcal{S}$ par u existent et sont höldériennes d'exposant k, les dérivées de u sont höldériennes d'exposant k dans $\mathcal{D} + \mathcal{S}$.

Cette proposition se démontre en utilisant un changement de variables

indiqué antérieurement ([1]), et en appliquant des résultats plus récents ([2]).

2. Supposons maintenant que les dérivées secondes des coordonnées des points de $\mathfrak{S}$ existent et sont hölderiennes d'exposant $k<1$. Soit

$$F(p_{1,1}, p_{1,2}, \ldots, p_{m,m}; p_1, p_2, \ldots, p_m; u; x_1, x_2, \ldots, x_m)=0$$

une équation non linéaire du type elliptique; on suppose que les dérivées secondes de F par rapport à toutes les variables existent et sont continues. On considère une solution u qui prend sur $\mathfrak{S}$ des valeurs dont les dérivées secondes existent et sont hölderiennes avec l'exposant k. *Si l'on connaît un champ borné et fermé auquel ne cesse pas d'appartenir le système des* $(m^2+5m+2)/2$ *variables de* F, *ce champ étant intérieur au domaine où l'équation est du type elliptique, et si l'on sait que les dérivées secondes sont hölderiennes dans* $\mathfrak{D}+\mathfrak{S}$, *on peut trouver une condition de Hölder d'exposant* k *à laquelle elles satisfont dans* $\mathfrak{D}+\mathfrak{S}$.

Soit $h<k$ l'exposant des conditions de Hölder remplies par les dérivées secondes; soit M la borne supérieure inconnue des

$$|\varphi(X)-\varphi(Y)|\,L^{-h}(X,Y) \qquad [L = \text{distance des deux points}],$$

où φ est remplacé successivement par toutes les dérivées secondes. En considérant les p_α $(\alpha=1, 2, \ldots, m)$ comme les inconnues de certains problèmes de valeurs à la frontière dans des régions fermées, intérieures à $\mathfrak{D}$ ou touchant $\mathfrak{S}$, on trouve des constantes positives A et μ $(\mu<1)$ telles que les $p_{\alpha,\beta}$ soient hölderiens d'exposant h et de coefficient AM^μ (au moins si M est supposé assez grand); on a donc $M\leq AM^\mu$, d'où une limite supérieure de M. Notre énoncé précédent permet d'en déduire des conditions de Hölder pour l'exposant k.

3. Rapprochée des résultats antérieurs ([3]), cette proposition permet d'affirmer la solubilité des problèmes non linéaires de Dirichlet, dans certaines hypothèses de régularité, dès qu'on sait limiter l'inconnue et ses dérivées jusqu'au second ordre. Ces conditions se simplifient parfois; si les dérivées secondes figurent linéairement, il suffit de savoir borner les

---

([1]) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 613-614.

([2]) *Problèmes de valeurs à la frontière relatifs à certaines données discontinues;* ce Mémoire, qui paraîtra prochainement, contient la démonstration d'un théorème plus général que celui du présent énoncé.

([3]) Premier travail cité et *Ann. Éc. Norm.*, 47, 1930, p. 197-266, spécialement p. 243; les résultats obtenus depuis permettent d'élargir les hypothèses de régularité.

dérivées premières. Pour deux variables, ces résultats ont été découverts par M. Serge Bernstein, dont la méthode était différente (¹).

4. Par exemple, dans l'espace à quatre dimensions, si l'on propose de trouver une fonction u, qui prenne sur la frontière d'une hypersphère des valeurs continues données, et qui remplisse à l'intérieur les conditions (²)

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}\right)-\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial z}+\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial t}\right)^2-\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial t}-\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}\right)^2=e^u,$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}>0,$$

il y a une et une seule solution pourvu que les dérivées quatrièmes des valeurs données existent et soient continues (³).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales de première espèce à limites fixes*. Note de M. **Soula**, présentée par M. Hadamard.

1. A toute fonction intégrable définie pour $0 \leqq x \leqq a$, on peut faire correspondre une suite de nombres $c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$, définis par les égalités $c_n = f_n(a)$ avec

$$f_1(x)=\int_0^x f(x)\,dx, \qquad f_2(x)=\int_0^x f_1(x)\,dx, \qquad \ldots, \qquad f_n(x)=\int_0^x f_{n-1}(x)\,dx.$$

Si les c_n sont donnés, la fonction $f(x)$ est unique (¹).

Ces suites de nombres peuvent conduire à une solution assez simple de l'équation

$$(1) \qquad f(x)=\int_0^b k(x,s)\,h(s)\,ds.$$

Posons

$$k_1(x,s)=\int_0^x k(x,s)\,dx, \qquad \ldots, \qquad k_n(x,s)=\int_0^x k_{n-1}(x,s)\,dx, \qquad \ldots$$

$$D_1(s)=k_1(a,s), \qquad \ldots, \qquad D_n(s)=k_n(a,s), \qquad \ldots$$

(¹) *Math. Annalen*, 69, 1910, p. 82-136; *Ann. Éc. Norm.*, 27, 1910, p. 233-256.

(²) *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 893; 167, 1918, p. 627.

(³) Dans la Note des *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 454, prière de multiplier par $A(X)$ l'expression indiquée pour la fonction H.

(¹) Voir Picard, *Leçons sur certains types simples d'équations aux dérivées partielles*, 6ᵉ Leçon, p. 45 et suiv. Gauthier-Villars, 1927.

l'équation (1) est vérifiée par la fonction $h(s)$ en même temps que le système d'équations

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} c_1 = \int_0^b D_1(s) h(s)\, ds, \qquad c_2 = \int_0^b D_2(s) h(s)\, ds, \qquad \ldots, \\ \qquad\qquad c_n = \int_0^b D_n(s) h(s)\, ds, \qquad \ldots, \end{array} \right.$$

et l'on peut obtenir $h(s)$ supposé de carré sommable en orthogonalisant la suite $D_1(s)$, $D_2(s)$, ..., $D_n(s)$, ...

Remarquons d'abord que si les D_n ne sont pas linéairement indépendantes, il en résulte des conditions nécessaires pour les c_n; si

$$a_p D_p + a_q D_q + \ldots + a_r D_r = 0,$$

on doit avoir

$$(\gamma) \qquad a_p c_p + a_q c_q + \ldots + a_r c_r = 0.$$

On laissera de côté la $p^{\text{ième}}$ équation du système (2) si D_n est une combinaison linéaire des D_n précédentes; on remplacera les D_n par un système normal et orthogonal $E_1(s)$, $E_2(s)$, ..., $E_n(s)$, ... de ces fonctions et l'on obtiendra finalement le résultat suivant : pour que l'équation (1) ait des solutions il faut et suffit que les conditions (γ) soient vérifiées et que la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_i^{(1)} c_1 + a_i^{(2)} c_2 + \ldots + a_i^{(n)} c_n)^2$$

soit convergente; les $a_i^{(j)}$ dépendant de $k(x, s)$ et non de $f(x)$.

2. J'ai été ainsi conduit à étudier les suites de nombres c_1, c_2, ..., c_n, ... attachés à une fonction $f(x)$. Voici quelques propriétés :

Pour que c_1, c_2, ..., c_n, ... correspondent à une fonction bornée, il faut et suffit que la fonction analytique

$$\Phi(z) = \sum \frac{(n-1)!\, c_n}{z^n}$$

soit holomorphe dans tout le plan pourvu de la coupure formée par le segment $0 \leqq x \leqq a$ de l'axe des variables réelles (infini compris) et que sa partie imaginaire soit de module bornée. Cette fonction est d'ailleurs

$$\Phi(z) = -\int_0^z \frac{\varphi(t)\, dt}{z-t} + \text{const.}$$

Les théorèmes de prolongement analytique appliqués à $\Phi(z)$ donnent des conditions nécessaires pour les c_n.

Si $c_1, c_2, c_3, \ldots$ et $c'_1, c'_2, c'_3, \ldots$ correspondent respectivement à deux fonctions continues $f(x)$ et $f_1(x)$, les nombres $(n-1)!\, c_n c'_n$ correspondent à une troisième fonction intégrable.

3. Une condition nécessaire et suffisante que doivent vérifier les c_n pour correspondre à une fonction de carré sommable s'obtient en écrivant

$$B_n = -(n-1)!\, c_n = \int_0^1 t^{n-1} f(a-t)\, dt,$$

et en traitant ces équations comme le système plus général (2).

La condition est que la série

$$\sum_1^\infty (\alpha_1^{(1)} B_1 + \alpha_1^{(2)} B_2 + \ldots + \alpha_n^{(n)} B_n)^2$$

soit convergente, les nombres $\alpha_i^{(p)}$ étant les coefficients des polynomes normaux et orthogonaux $\sqrt{2n - 1/2}\, X_n(t)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du type elliptique*. Note [1] de M. **Juljusz Schauder**, présentée par M. Élie Cartan.

Pour traiter les problèmes aux limites dans la théorie des équations différentielles linéaires du type elliptique à n variables indépendantes, on commence d'habitude par la construction d'une solution élémentaire (fondamentale) en développant souvent la théorie des potentiels généralisés (de volume, de simple et de double couche). J'ai développé une méthode nouvelle — au moins pour les valeurs au contour suffisamment régulières — qui conduit rapidement aux théorèmes d'existence et aux bornes précises des solutions *sans emploi* des solutions fondamentales et des potentiels généralisés. Il suffit de connaître les théorèmes en question sur le potentiel newtonien et la première partie du travail de M. E. Hopf [2].

Définition. — Étant donnée une fonction f satisfaisant à la condition de Hölder (avec l'exposant $0 < \alpha < 1$) dans un domaine G, nous désignons par Hö(f) la plus petite constante de Hölder et nous posons

$$\|f\|_\alpha^G = \text{Max}\,|f| + \text{Hö}(f); \qquad (x_1, x_2, \ldots, x_n) \text{ appartenant à G.}$$

(1) Séance du 19 décembre 1932.

(2) E. Hopf, *Math. Zeitschr.*, 33, 1931, p. 194-233.

D'une façon analogue

$$\|f\|_{\alpha,s}^{G} = \text{Max}|f| + \text{Max}|D_1 f| + \ldots + \text{Max}|D_s f| + \text{Hö}(D_s f).$$

LEMME. — *Soit*

$$(1) \qquad \sum_{ik}^{n} a_{ik}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

une équation du type elliptique, telle que $\|a_{ik}\|_\alpha \leq M$; *Discrimin.* $(a_{ik}) = 1$. *Alors pour chaque domaine* R *fermé contenu dans* G *on trouve, en désignant par* δ *la distance de* R *à la frontière du domaine* G,

$$(2) \qquad \|u\|_{\alpha,2}^{G} \leq K(M)\left[\frac{\text{Max}|u|}{\delta^2} + \frac{\int\int_G [D_1 u]^2 d\tau}{\delta^n} + \|f\|_\alpha\right].$$

THÉORÈME I. — *Si la frontière* S *de* G *est une surface de la classe* C_h *et si les valeurs-frontière* φ *et la solution* u *admettent des dérivées du deuxième ordre continues au sens de Hölder, on a*

$$(3) \qquad \begin{cases} \|u\|_{\alpha,2}^{G+S} \leq K_1(M)\left[\text{Max}|u| + \int\int_{G+S} [D_1 u]^2 d\tau + \|f\|_\alpha + \|\varphi\|_{\alpha,2}\right], \\ \text{pour} \quad \|a_{ik}\|\alpha + \varepsilon \leq M \qquad (\varepsilon > 0). \end{cases}$$

Ce théorème résulte du lemme précédent, en appliquant quelques théorèmes de la théorie du potentiel newtonien [1].

THÉORÈME II. — *En admettant* $\|a_{ik}\|_1 \leq M$ ($\alpha = 1$, *condition de Lipschitz*), *on a*

$$(4) \qquad \|u\|_{\beta,2}^{G+S} \leq K_2(M)[\|f\|_\beta + \|\varphi\|_{\beta,2}] \qquad \ldots \qquad (0 < \beta < 1)$$

parce que, dans ce cas-là, comme il est bien connu,

$$\text{Max}|u| \qquad \text{et} \qquad \int\int_{G+S} [D_1 u]^2 d\tau$$

peuvent être limités *a priori*. *La relation* (4) *permet d'établir en même temps l'*EXISTENCE *d'une solution de l'équation* (1).

En partant de ce résultat on démontre immédiatement l'*alternative* bien connue [2] et la *condition de Hölder* pour l'équation *générale*

$$(5) \qquad \sum_{ik} a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} + \sum_j b_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + cu = f.$$

---

[1] Cf. O. KELLOGG, *Trans. of the Math. Soc.*, 33, 1931, p. 486-510.

[2] Naturellement sans faire usage de l'équation adjointe ou d'une équation intégrale.

Il faut ajouter que, suivant une remarque que M. Giraud a bien voulu me faire parvenir (avril 1932), la formule (4) est encore valable pour des coefficients a_{ik} continus au sens de Hölder.

Une application répétée du théorème I donne le théorème III.

Théorème III. — *Pour l'équation quasi linéaire*

$$(6)\quad \sum_{ik} a_{ik}\left(x_1, \ldots, x_n; u, \ldots \frac{\partial u}{\partial x_j}, \ldots\right) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} = f\left(x_1, \ldots, x_n; u, \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_n}\right)$$

nous obtenons les bornes suivantes :

$$(7)\qquad \| u \|^{\mathrm{G}+\mathrm{S}}_{\alpha,2} \leqq \mathrm{K}_3 \{ \operatorname{Max} | u |, \operatorname{Max} | \mathrm{D}_1 u |, \mathrm{H\ddot{o}}[\mathrm{D}_1 u] \} \cdot \| \varphi \|_{\alpha,2}.$$

On trouve de la même façon des relations analogues pour les dérivées des ordres supérieurs, par exemple le

Théorème IV. — *En supposant* $\| a_{ik} \|_{\alpha,1} \leqq \mathrm{M}$, *on a pour la solution de l'équation* (5) *l'inégalité suivante*

$$\| u \|^{\mathrm{G}+\mathrm{S}}_{\alpha,3} \leqq \mathrm{K}_4(\mathrm{M})(\| \varphi \|_{\alpha,3} + \| f \|_{\alpha,1})$$

et des bornes analogues pour l'équation quasi linéaire.

Dans la théorie qui précède on suppose que les valeurs données au contour possèdent des dérivées des deux premiers ordres, les dérivées secondes étant continues au sens de Hölder. Je me propose de revenir dans une Note prochaine sur l'application de la méthode exposée au cas où les valeurs au contour ne sont que continues.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes bornés de substitutions linéaires.* Note [1] de M. Herman Auerbach, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème. — *Tout groupe G de substitutions linéaires*

$$(*)\qquad x_i = \sum_{k=1}^{n} p_{ik} x'_k \qquad (i = 1, 2 \ldots n),$$

à coefficients bornés laisse invariante une forme d'Hermite définie positive. Lorsque le groupe est réel, il admet une forme quadratique définie positive invariante.

---

[1] Séance du 19 décembre 1932.

On connaît deux cas particuliers de ce théorème : celui des groupes finis ([1]) et celui des groupes de *Lie* clos ([2]).

Démonstration. — On peut considérer les formes d'*Hermite* ou bien les formes quadratiques réelles comme points d'un espace affin réel R_N $[N = n^2$ ou $N = n(n+1)/2]$. Les formes non négatives forment alors un ensemble convexe. Toute substitution linéaire ([3]) non singulière engendre dans R_N une substitution linéaire réelle transformant cet espace en lui-même, donc non singulière. Au groupe G correspond ainsi un groupe réel isomorphe H, également borné. Désignons par E l'ensemble de points obtenu en effectuant toutes les substitutions du groupe G sur une forme positive arbitrairement choisie. Dans le cas où cet ensemble se réduit à un seul point, le théorème est évident. Nous supposons maintenant qu'il contient au moins deux points. Soit $\overline{E}$ le plus petit ensemble convexe contenant E. Cet ensemble est borné et tous ses points représentent des formes non négatives. Il se transforme en lui-même par toute substitution du groupe H. Il en est de même de son centre de gravité, lequel, étant un point intérieur de l'ensemble $\overline{E}$, représente une forme positive invariante par le groupe G.

Le raisonnement précédent est très général. On y peut remplacer la forme d'Hermite par un tenseur quelconque T, le groupe G par le produit des différents groupes transformant les vecteurs dont dépend T, et l'ensemble des formes non négatives par un ensemble convexe de tenseurs C invariant par le groupe. Lorsque le groupe est borné, l'ensemble C contient un tenseur transformé en lui-même par toute substitution du groupe. Toutefois, il est nécessaire d'établir dans chaque cas particulier que ce tenseur n'est pas identiquement nul.

C'est ainsi que l'on peut démontrer, en généralisant une idée de Hurwitz([3]), que le système d'invariants d'un groupe linéaire borné est toujours fini.

([1]) A. Loewy, *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 168; E. H. Moore, *Math. Ann.*, 50, 1898, p. 213.

([2]) H. Weyl, *Math. Zeitschr.*, 23, 1925, p. 289. Voir aussi E. Cartan, *La théorie des groupes finis et continus et l'Analysis situs* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, 42, 1930, p. 32-34).

([3]) H. Weber, *Lehrbuch der Algebra*, 2, 2e éd., 1899, p. 226-27. Pour le cas des groupes linéaires clos ou semi-simples, voir H. Weyl, *Math. Zeitschr.*, 24, 1926, p. 392.

Notre théorème permet de démontrer le théorème suivant, proposé par MM. S. Mazur et S. Ulam :

Soit S *une surface convexe dans l'espace à n dimensions jouissant de la propriété suivante : Étant donnés deux points quelconques* G *et* Q *de* S, *il existe une substitution linéaire transformant la surface* S *en elle-même et le point* G *en* Q. *Alors* S *est un ellipsoïde.*

Prenons pour l'origine le centre de gravité du corps convexe limité par S. Les substitutions linéaires transformant la surface S en elle-même sont alors homogènes et forment un groupe G évidemment borné. Le groupe G admet donc une forme quadratique positive invariante. Cette forme est par hypothèse constante sur S.

ÉLASTICITÉ. — *Plaque rectangulaire épaisse chargée uniformément dont les deux bords opposés au moins sont appuyés* [1]. Note [2] de M. **Carl A. Garabedian**, présentée par M. Mesnager.

A l'aide d'une méthode que j'ai déjà exposée [3], on arrive, dans le problème de la flexion d'une plaque rectangulaire épaisse chargée uniformément, aux formules suivantes pour les déplacements :

$$u = -\frac{\partial}{\partial x}\omega z + \bar{u} - \frac{z}{6(1-\sigma)}[6h^2 - (2-\sigma)z^2]\frac{\partial}{\partial x}\nabla\omega,$$

v se déduit de u par permutation des axes,

$$w = \omega + \bar{w}z + \frac{\sigma z^2}{2(1-\sigma)}\nabla\omega - \frac{ph^2z^2}{4(1-\sigma)^2 D} + \frac{(1+\sigma)pz^4}{24(1-\sigma)D},$$

où $\omega = \Sigma w_{2n}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$ est une série qui monte dans les puissances paires de h.

Les faces de la plaque sont $z = \pm h$, dont l'une ($z = h$) est soumise à la charge uniforme p par unité de surface. Les côtés sont $x = 0, a$, $y = 0, b$, dont ceux-là sont toujours posés. Les lettres P, E, L signifient les mots *posé*, *encastré*, *libre*. Écrivons PP, EE, LL, PE, PL, LE comme notation pour les conditions aux bords $y = 0, b$. Il s'agit donc des six cas dont M. Estanave [4] a trouvé les solutions pour la plaque mince.

[1] Touchant ce problème, voir Galerkin, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 568.

[2] Séance du 19 décembre 1932.

[3] *Trans. Amer. Math. Soc.*, 25, 1923, p. 343, et *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 942; 178, 1924, p. 619; 180, 1925, p. 257; 181, 1925, p. 319; 186, 1928, p. 1518.

[4] *Thèse*, 1900 (Gauthier-Villars).

Précisons tout d'abord les fonctions $\overline{u}$, $\overline{v}$ (supposées linéaires en x et y) qui donnent (avec $\overline{w}$) l'allongement du feuillet moyen. Dans tous les six cas, nous avons (suivant que la plaque est libre ou encastrée dans son plan) ou

$$\overline{u} = -\frac{\sigma p h^3 (a - 2x)}{6(1-\sigma^2)\mathrm{D}}, \qquad \overline{v} = -\frac{\sigma p h^3 (b - 2y)}{6(1-\sigma^2)\mathrm{D}}, \qquad \overline{w} = -\frac{p h^3}{3(1-\sigma^2)\mathrm{D}},$$

ou

$$\overline{u} = \overline{v} \equiv 0, \qquad \overline{w} = -\frac{(1-2\sigma) p h^3}{3(1-\sigma)^2 \mathrm{D}}.$$

Passons donc aux trois premiers cas, qui se signalent par la symétrie des conditions aux bords. Se rapportant à la Thèse de M. Estanave pour le w_0, solution toujours de la plaque mince correspondante, on n'a qu'à constater les fonctions suivantes :

$$(\mathrm{PP}) \qquad w_2 = -\frac{(8-3\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \nabla w_0, \qquad w_{2n} \equiv 0 \qquad (n = 2, 3, \ldots),$$

$$(\mathrm{EE}) \qquad w_2 = -\frac{(8-3\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} w_0, \qquad w_{2n} \equiv 0 \qquad (n = 2, 3, \ldots),$$

$$(\mathrm{LL}) \qquad \begin{aligned} w_2 &= -\frac{3(4-\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} w_0 - \frac{(8+\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \frac{\partial^2}{\partial y^2} w_0 \\ &\quad + \frac{8ph^2}{5(1-\sigma)a\mathrm{D}} \sum \frac{\sin \alpha x}{\alpha^3} \qquad \left(\alpha = \frac{\pi i}{a},\ i \text{ impair}\right), \\ w_4 &= -\frac{(8+\sigma)h^4}{25(1-\sigma)} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \nabla w_0, \qquad w_{2n} \equiv 0 \qquad (n = 3, 4, \ldots). \end{aligned}$$

Dans les trois derniers cas, manque la symétrie qui nous a permis jusqu'ici d'exprimer les w_{2n} au moyen de w_0, solution empruntée à la plaque mince. On trouvera donc

$$(\mathrm{PE}) \qquad \begin{aligned} w_2 &= -\frac{(8-3\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} w_0 \\ &\quad + \frac{(8-3\sigma)ph^2}{5(1-\sigma)a\mathrm{D}} \sum \frac{\sin \alpha x}{\alpha^3} \left\{ \frac{\alpha b\, \alpha y \operatorname{sh} \alpha(b-y) - \alpha(b-y) \operatorname{sh} \alpha b \operatorname{sh} \alpha y}{\operatorname{sh} \alpha b \operatorname{ch} \alpha b - \alpha b} \right\}, \\ w_{2n} &\equiv 0 \qquad (n = 2, 3, \ldots), \end{aligned}$$

$$(\mathrm{PL}) \qquad \begin{aligned} w_2 &= -\frac{(8-3\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \nabla w_0 \\ &\quad + \frac{8\sigma ph^2}{5a\mathrm{D}} \sum \frac{\sin \alpha x}{\alpha^3} \left\{ \frac{(\operatorname{ch} \alpha b - 1)(\alpha b \operatorname{sh} \alpha b \operatorname{sh} \alpha y - \alpha y \operatorname{ch} \alpha y)}{(3+\sigma) \operatorname{sh} \alpha b \operatorname{ch} \alpha b + (1-\sigma)\alpha b} \right\}, \\ w_4 &= -\frac{(8+\sigma)h^2}{10(1-\sigma)} \nabla w_2 + \frac{(8+\sigma)(8-3\sigma)ph^4}{25(1-\sigma)^2 a\mathrm{D}} \sum \frac{\sin \alpha x}{\alpha}, \\ w_{2n} &\equiv 0 \qquad (n = 3, 4, \ldots). \end{aligned}$$

Il convient dans ce cas de faire entrer explicitement l'expression de w_0 :

$$w_0 = -\frac{4p}{aD}\sum \frac{\sin\alpha x}{\alpha^5}\{P\alpha y \operatorname{sh}\alpha y + Q(\operatorname{sh}\alpha y - \alpha y \operatorname{ch}\alpha y) - (\operatorname{ch}\alpha y - 1)\};$$

$$\delta P = (3+\sigma)(1-\sigma)\operatorname{sh}^2\alpha b - \sigma(1-\sigma)\alpha b \operatorname{sh}\alpha b + 2\sigma \operatorname{ch}\alpha b + 2(1-\sigma),$$

$$\delta Q = (3+\sigma)(1-\sigma)\operatorname{sh}\alpha b \operatorname{ch}\alpha b - \sigma(1-\sigma)\alpha b \operatorname{ch}\alpha b + \sigma(1+\sigma)\operatorname{sh}\alpha b - (1-\sigma)^2\alpha b,$$

$$\delta = (3+\sigma)(1-\sigma)\operatorname{sh}^2\alpha b + (1-\sigma)^2\alpha^2 b^2 + 4.$$

$$w_2 = -\frac{4p}{aD}\sum \frac{\sin\alpha x}{\alpha^3}\left\{R\alpha y \operatorname{sh}\alpha y + S(\operatorname{sh}\alpha y - \alpha y \operatorname{ch}\alpha y) - \frac{(8-3\sigma)h^2}{10(1-\sigma)}(\operatorname{ch}\alpha y - 1)\right\};$$

$$10h^{-2}\delta R = (8-3\sigma)(3+\sigma)\operatorname{sh}^2\alpha b - 4\sigma(1-\sigma)\alpha b \operatorname{sh}\alpha b - 2\sigma(4+\sigma)\operatorname{ch}\alpha b + 2\sigma(4+\sigma),$$

$$10h^{-2}\delta S = (8-3\sigma)(3+\sigma)\operatorname{sh}\alpha b \operatorname{ch}\alpha b - 4\sigma(1-\sigma)\alpha b \operatorname{ch}\alpha b - 2\sigma(6-\sigma)\operatorname{sh}\alpha b - (8-3\sigma)(1-\sigma)\alpha b.$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} w_{4n} = -\frac{4p}{aD}\sum \frac{\sin\alpha x}{\alpha^5}\left[\frac{1}{1-\delta^2\varepsilon^2}\right]\{T\alpha y \operatorname{sh}\alpha y + U(\operatorname{sh}\alpha y - \alpha y \operatorname{ch}\alpha y)\};$$

$$\varepsilon = \frac{5}{(8+\sigma)h^2\alpha^2}, \qquad \begin{cases} T = 2(8+\sigma)P + 4\sigma \operatorname{ch}\alpha b + 8 - 3\sigma, \\ U = 2(8+\sigma)Q + 4\sigma \operatorname{sh}\alpha b; \end{cases}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} w_{4n+2} = -\frac{4p}{aD}\sum \frac{\sin\alpha x}{\alpha^3}\left[\frac{1}{1-\delta^2\varepsilon^2}\right]\{R\alpha y \operatorname{sh}\alpha y + S(\operatorname{sh}\alpha y - \alpha y \operatorname{ch}\alpha y)\}.$$

Faute de place, disons tout simplement que ces dernières séries sont utilisables.

On peut considérer également une charge centrale, mais les calculs pour les cas non-symétriques deviendraient formidables. Contentons-nous donc d'avoir montré ces formules assez compliquées d'une charge uniforme.

HYDRODYNAMIQUE. — *Remarques sur la viscosité de l'eau.* Note [1] de M. **Maurice Golaz**, présentée par M. Mesnager.

La mise en compte de la viscosité de l'eau dans les mouvements irrotationnels m'a conduit à revenir sur des résultats antérieurement acquis [2] afin d'en dégager si possible quelques conclusions.

D'une manière générale, on sait que, sous l'influence de la viscosité, un mouvement irrotationnel tend à devenir rotationnel au contact de la paroi. Mais ce phénomène de turbulence locale peut être pratiquement négligé

---

[1] Séance du 19 décembre 1932.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 54.

quand la viscosité est faible, la paroi très lisse et les vitesses élevées. Ces conditions sont précisément celles où nous nous plaçons; on les rencontre dans le voisinage de la crête d'un déversoir supposé matérialisé par une surface rigide et polie.

Rapportons le mouvement à un système d'axes coordonnés. Soit $M(x, y)$ un point fixe quelconque; à l'instant envisagé, une molécule coïncidera avec lui.

Écrivons les équations de Lamé, après développement des termes en $\partial N_1/\partial x$, $\partial N_1/\partial y$, ..., $\partial T_3/\partial y$. Le régime étant permanent au sens mathématique, on aura

$$(1) \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = X - u\frac{\partial u}{\partial x} - v\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{(\lambda + 2\varepsilon)}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{(\lambda + \varepsilon)}{\rho}\frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y} + \frac{\varepsilon}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2},$$

$$(2) \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = Y - u\frac{\partial v}{\partial x} - v\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{(\lambda + 2\varepsilon)}{\rho}\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{(\lambda + \varepsilon)}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} + \frac{\varepsilon}{\rho}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2},$$

dans lesquelles p est la pression, ρ la densité, u et v les composantes de la vitesse V, X et Y les composantes des forces extérieures rapportées à l'unité de masse.

Envisageons tout d'abord la ligne de courant passant par M. D'une part, le fluide étant incompressible, on a l'équation de continuité

$$(3) \qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0,$$

de laquelle on déduit

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y} = 0,$$

$$(5) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0.$$

Comme il y a potentiel des vitesses, on disposera encore de la relation supplémentaire

$$(6) \qquad \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} = 0,$$

de laquelle on passe immédiatement aux deux autres

$$(7) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y} = 0,$$

$$(8) \qquad -\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = 0.$$

En additionnant (4) et (7), (5) et (8) on parvient aux deux nouvelles

relations

(9) $$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0,$$

(10) $$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0.$$

qui, remarquons-le, sont identiques aux équations de Laplace.

Ce résultat appelle une première constatation. En effet, les composantes u et v de la vitesse sont des fonctions harmoniques en x et y; en d'autres termes, les courbes $u =$ const. et $v =$ const. forment dans le plan des (x, y) une double famille de courbes orthogonales qui ne se superpose pas au double réseau des lignes de courant et des équipotentielles. Ces lignes seront dites courbes d'égales composantes horizontales et verticales des vitesses.

Ceci dit, revenons aux équations générales (1) et (2). Il est facile de voir, en faisant usage des relations (4), (5), (9) et (10), que l'on retombe sur les équations d'Euler. On peut donc énoncer le fait qu'un liquide naturel se comporte le long d'une ligne de courant exactement comme un liquide parfait.

Mais ce résultat n'entraîne, pas forcément, même pour l'eau, la suppression des termes de viscosité dans les équations (1) et (2) qui, sous la réserve de l'évaluation correcte des forces extérieures, expriment la variation de la pression suivant deux directions perpendiculaires.

Cette remarque a toute son importance lorsqu'on se propose de déterminer la distribution des vitesses dans le plan d'écoulement, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de passer d'un point M situé sur un filet à un autre point M′ situé sur un filet infiniment voisin, suivant une direction donnée. Or, parmi toutes les courbes passant par M qui ont une signification hydrodynamique précise, l'isocline ou lieu d'égale inclinaison des vitesses paraît jouer un rôle prépondérant dans le calcul du débit d'un déversoir.

C'est ainsi que, dans le cas particulier où l'isocline dégénère en une ligne verticale, M. J. Mesnager et moi-même avions établi (*op. cit.*) la loi de répartition des vitesses, en mettant en compte la viscosité de ce liquide. Il convient d'ajouter que la réalité semble justifier entièrement ce point de vue.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Remarques sur la théorie de la superquantification*. Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous voulons préciser certains points de cette théorie qui nous paraissent importants pour donner plus de clarté aux principes.

1. D'après Fock [1], les composantes $y(t)$ de la fonction ψ sont canoniquement conjuguées avec les quantités $p_s = (h/2\pi i)y_r^*$, la fonction hamiltonienne étant

$$F = \frac{h}{2\pi i}\sum_{rs} K_{sr} y_r p_s.$$

Le premier stade qui conduit à la superquantification est le passage de cette mécanique ponctuelle abstraite en une mécanique ondulatoire de cet espace (ψ). Par le procédé habituel, on trouve pour équation d'ondes

$$F\Omega = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Omega}{\partial t}.$$

Aux équations canoniques correspond une équation de Jacobi qui se trouve être identique à l'équation d'ondes, de sorte qu'on peut dire que *la mécanique ondulatoire* (ψ) *et la mécanique ponctuelle* (ψ) *sont identiques*. Le développement de Fock de la fonctionnelle Ω en série de puissances des y montre que la superquantification revient à faire un choix sur les mouvements possibles dans l'espace (ψ).

On vérifie facilement que les « surfaces d'ondes » $\Omega =$ const. sont orthogonales au « vecteur quantité de mouvement » $\vec{p}$ et qu'on a $\vec{p} = -\operatorname{grad}\Omega$. Comme la norme de $\vec{p}$ est égale à $h/2\pi$, en généralisant la notion de parallélisme on voit que les surfaces d'ondes à un instant t sont toutes parallèles entre elles. Enfin, comme $\vec{p} = (h/2\pi i)\psi^*$, le lieu de l'extrémité d'un vecteur équipollent à $\vec{p}$ mené par l'origine o est sur la sphère de rayon unité, ψ étant normé.

2. On obtient les équations de la superquantification en prenant comme nouvelles quantités conjuguées n_s et θ_s et posant

$$n_s = \frac{2\pi i}{h}\mathfrak{N} y_s p_s \qquad \text{avec} \qquad \sum_s n_s = \mathfrak{N}.$$

[1] Fock, *Zeits. f. Phys.*, 49, 1928, p. 339; 75, 1932, p. 622.

n_s étant le nombre probable de systèmes dans l'état s, $\mathfrak{N}$ leur nombre total.

Nous admettrons avec Dirac (¹) que les n_s sont les coordonnées d'un point N d'un certain espace abstrait, et que les Θ_s sont les composantes de la « quantité de mouvement » du point N.

Pour préciser les propriétés de cet espace, il nous a semblé très bien adapté de choisir comme distance de deux points X, Y :

$$(X, Y) = \sum_s |x_s - y_s|,$$

c'est-à-dire d'identifier l'espace (n) avec l'espace (A) de Fréchet (²) qui est *vectoriel complet* et a ω dimensions.

Le mouvement du point N indique les modifications de la répartition des systèmes. Il se déplace sur la sphère (S) de rayon $\mathfrak{N}$ centrée à l'origine.

On obtient l'équation d'ondes par le procédé habituel, mais dans l'hamiltonien figurent les opérateurs $e^{\frac{\partial}{\partial n_s}}$ qu'il faut d'abord prolonger pour qu'ils soient applicables à toutes les fonctions, en les remplaçant par les opérateurs *changement de la valeur de l'argument* et écrire

$$f(n_s + 1) = e^{\frac{\partial}{\partial n_s}} f(n_s) = \begin{pmatrix} n_s + 1 \mid n_s \\ \cdot \end{pmatrix} f(n_s).$$

3. Il n'est possible d'adopter le principe de superquantification de Dirac qu'en vertu des théorèmes suivants que nous démontrerons ailleurs :

1° Soit $\mathcal{E}_0$ l'ensemble des points dont les coordonnées diffèrent d'entiers de celles du point N_0 : *La valeur de $\Psi(N, t)$ en un point N d'un ensemble $\mathcal{E}_0$ ne dépend que de ses valeurs à l'instant initial sur cet ensemble $\mathcal{E}_0$.*

2° Soit $\mathcal{E}_S$ l'ensemble des points de coordonnées entières positives ou nulles situées sur la sphère (S). *Si à l'instant initial la fonctionnelle $\Psi(N, t)$ est nulle partout sauf sur $\mathcal{E}_S$ elle possède cette propriété à tout instant.*

3° *L'ensemble $\mathcal{E}_S$ est dénombrable.*

4° *La somme $\Sigma |\psi(N_i, t)|^2$ étendue à tous les points* N_i de $\mathcal{E}_S$ *est constante* et peut être prise égale à l'unité, ce que nous supposerons.

Ces propriétés autorisent à admettre le principe de Dirac qu'on peut décomposer comme suit : 1° *$\Psi(N_i, t)$ est non nulle seulement sur $\mathcal{E}_S$* (il suffit pour cela que $\Psi(N_i, 0)$ le soit ; 2° *la probabilité pour que le point* N *figurant*

(¹) DIRAC, *Proc. Roy. Soc.*, A, 114, 1927, p. 243.

(²) M. FRÉCHET, *Les Espaces abstraits*, Gauthier-Villars, 1928, p. 86.

la répartition des systèmes dans les divers états soit en N_i *est* $|\Psi(N_i, t)|^2$. Le premier principe est analogue au principe de quantification, le second au principe des interférences de la mécanique ondulatoire.

Conclusion. — Dans cette Note nous avons voulu montrer que :

1° La mécanique ondulatoire de l'espace (ψ) est identique à la mécanique ponctuelle, la superquantification restreignant seulement les mouvements possibles.

2° Il est d'une grande utilité d'adopter comme espace (n) de Dirac l'espace (A) *vectoriel complet* de Fréchet. Le point figuratif N se déplace sur une sphère de rayon $\mathfrak{N}$ centrée à l'origine.

3° Le principe de superquantification de Dirac ne peut être adopté qu'en vertu des quatre propriétés que nous avons indiquées.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la localisation des phénomènes de détonation.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. J. L.-Breton.

Localisation du cognement dans les moteurs à explosion, effets mécaniques et thermiques de ce dernier. — Ayant été amené par le raisonnement exposé dans une Note précédente à considérer le cognement comme un phénomène local, nous avons pensé que l'étude de la répartition de la chaleur radiée par la combustion dans le moteur pouvait fournir un moyen de déterminer le siège du phénomène.

Utilisant un moteur refroidi par un courant d'air d'intensité constante et dont la culasse était munie de 17 couples thermo-électriques noyés dans l'épaisseur de la paroi, nous avons pu constater, en effet, que lors du passage du régime non détonant au régime détonant et sans variation sensible de puissance, la température de certains points de la culasse augmentait de plus de 100° alors que celle des autres points n'était pas affectée de plus d'une vingtaine de degrés. Or ces points n'étaient ni les plus chauds en marche normale, ni les moins bien refroidis de la culasse, comme le montre la figure 1 qui indique les températures de différents points de celle-ci en fonction de leur distance au point le plus sensible au cognement. Nous en avons conclu qu'un apport de chaleur particulièrement intense se produisait dans la région où l'élévation de température était maxima, *lequel devait être attribué au cognement.* Cette conclusion nous a été confirmée par le fait qu'un accroissement de charge ou d'avance à l'allumage

ne produisant pas la détonation n'affecte pas en général les températures de la même région de la culasse que le cognement (*fig.* 1).

En outre nous avons pu constater sur des pistons ayant fonctionné une

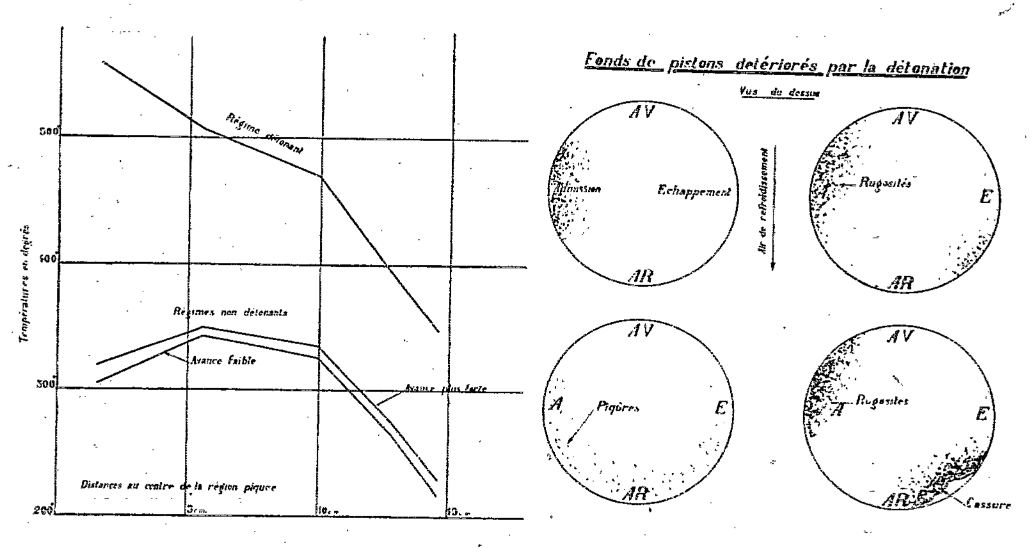


Fig. 1. Fig. 2.

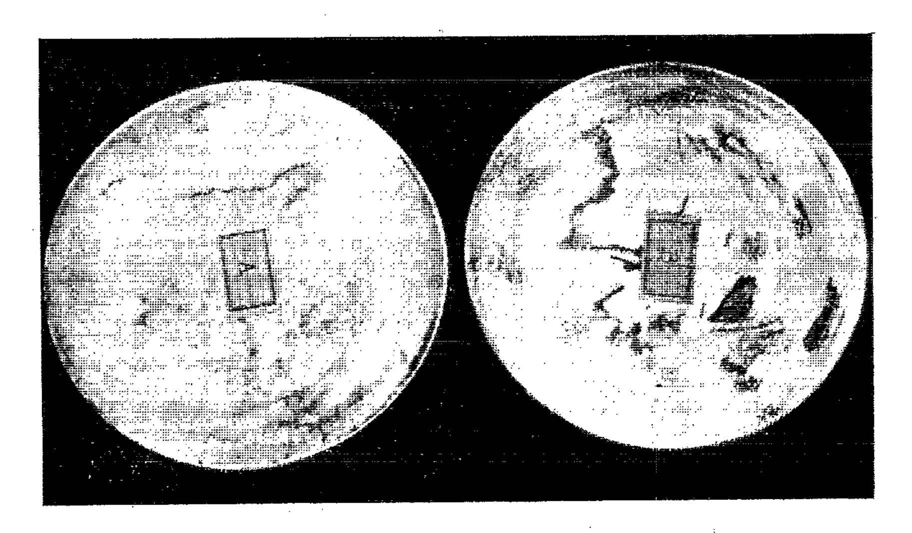
demi-heure ou une heure seulement et même parfois une dizaine de minutes en régime détonant et à une charge inférieure à celle qu'ils pourraient supporter normalement pendant plusieurs centaines d'heures (en régime non détonant) des piqûres et même des détériorations profondes dont les schémas de la figure 2 et les photographies de la figure 3 donnent une idée, ces piqûres, selon nous, sont dues soit à un effet thermique, soit à un effet mécanique de la détonation.

Ces détériorations qui dans plusieurs cas affectent la partie la mieux refroidie de la face supérieure du piston *coïncident dans tous les cas avec la région de la culasse dont la température s'est élevée le plus à l'apparition du régime détonant.*

Considérant ce fait comme une confirmation du raisonnement qui nous avait démontré le caractère local de la détonation, nous avons tenu à signaler cette nouvelle méthode d'investigation concernant le cognement qui nous a déjà permis de déterminer, dans un assez grand nombre de cas, comment ce dernier est affecté par la forme de la culasse et l'emplacement de l'allumage et dont les résultats coïncident sensiblement avec ceux des

méthodes photographiques d'un emploi souvent plus délicat ou plus incertain.

Enfin le caractère local et fugitif des pressions mises en jeu par la déto-



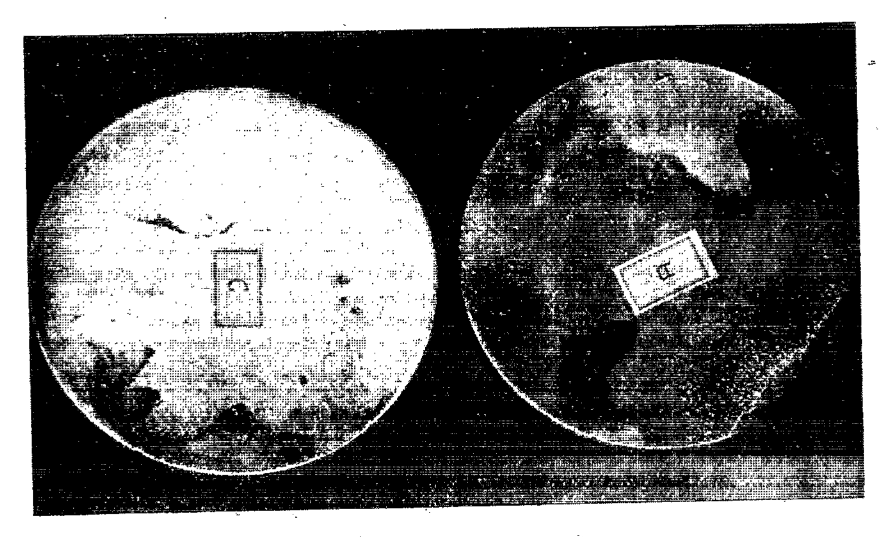


Fig. 3.

nation nous paraît fournir l'explication du fait que des pistons et des culasses calculés pour résister à des pressions relativement faibles, résistent généralement sans rupture aux détonations les plus violentes pourvu que

leur température ne s'élève pas à une valeur pour laquelle la résistance des alliages utilisés devient par trop faible. Quant aux articulations de l'embiellage elles seraient protégées, selon nous, contre l'action du cognement par l'inertie du piston qui absorberait la majeure partie de la percussion, ce que l'expérience semble confirmer en montrant que ces articulations ne sont pas affectées par le cognement.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation de l'orbite et de la vitesse de la comète de Halley et de sa distance aux planètes troublantes.* Note [1] de M. **Antonio Cabreira.**

En observant les dates des 29 passages connus de la comète de Halley au périhélie, on voit que les périodes de retour ont été très inégales. En effet, la 1re, la 10e et la plus grande, la 14e et moyenne, la 28e et la plus petite furent, respectivement, de 77 années et 5 jours, 79 années et 132 jours, 76 années et 255 jours, 74 années et 183 jours.

Cette irrégularité résulte de la variation de l'orbite et de la vitesse de l'astre, produite par la force perturbatrice des grosse planètes.

Considérons séparément les deux effets perturbateurs.

Si l'on suppose la vitesse constante, les trajets auraient été directement proportionnels aux durées respectives. Par suite, J_n, J_1, Δ étant les trajets correspondant à la durée donnée et à la première et la différence entre elles, il viendrait

$$J_n = \left(1 \pm \frac{\Delta}{79^a\,5^j}\right) \times J_1. \qquad (1)$$

Si l'on suppose l'orbite constante, les accélérations et les retards auraient eu lieu dans les révolutions dont les durées furent, respectivement, inférieures et supérieures à la moyenne, laquelle correspondrait alors au trajet où la comète n'eût été pas troublée. Cela étant, l'accélération et le retard auraient varié en raison directe des différences qui vont de la durée moyenne à la donnée et en raison inverse du carré de la distance de la comète au centre de la masse troublante. Donc, en désignant par δ la différence entre la moyenne et une durée quelconque, a et r l'accélération ou le retard correspondant, A et R leurs valeurs maxima, 802 et 972 les différences en

(1) Séance du 19 décembre 1932.

jours entre la moyenne et la durée plus petite et entre la plus grande et la moyenne, d et D les distances de la comète, dans la révolution concernant chacun des cas considérés, l et L celles dans les révolutions dont les durées constituent des limites observées, on pourrait établir

$$(2)\qquad a = +\frac{\delta}{802}\times A, \qquad r = -\frac{\delta}{972}\times R$$

et

$$(3)\qquad d = l\times\sqrt{\frac{A}{a}}, \qquad D = L\times\sqrt{\frac{R}{r}}.$$

Or, les formules (1), (2) et (3) subsistent pour l'hypothèse où l'orbite et la vitesse de l'astre soient simultanément variables, parce que cette considération transforme les valeurs des trajets, des accélérations, des retards et, par suite, des distances en autres qui sont directement proportionnelles à celles-là. Par conséquent, elles donnent la variation de l'orbite et de la vitesse de la comète et de sa distance au centre d'Uranus, Saturne et de Jupiter pendant les perturbations respectives au cours de 21 siècles et demi.

Telle est la méthode au moyen de laquelle j'ai construit la Table suivante :

Durées des révolutions (¹).	Variation de l'orbite.	Variation de la vitesse.	Variation de la distance (²).
15.V.240 A. C.-20.V.163 A. C.	1,00000	−0,11831	2,91188
20.V.163 A. C.-15.VIII.87 A. C.	0,98273	+0,21197	2,17334
15.VIII.87 A. C.-8.X.12 A. C.	0,97573	+0,70698	1,18931
8.X.12 A. C.-26.I.66	1,01775	−0,59989	1,29110
26.I.66-25.III.141	0,97595	+0,69950	1,19565
25.III.141-6.IV.218	1,00110	−0,13941	2,67823
6.IV.218-7.IV.295	1,00092	−0,14506	2,62462
7.IV.295-7.XI.373	1,02134	−0,70473	1,19122
7.XI.373-3.VII.451	1,00821	−0,35596	1,67551
3.VII.451-15.XI.530	1,03048	−1,00000	1,00000
15.XI.530-26.III.607	0,99149	+0,15461	2,79758
26.III.607-26.XI.684	1,00836	−0,36008	1,11647
26.XI.684-10.VI-760	0,98075	+0,53117	1,37361
10.VI.760-25.II.837	0,99448	0,00000	0,00000

(¹) M. José de Jesus Ramalho a remarqué que les sommes de chaque groupe de trois durées successives donnent une symétrie de valeurs qui permet de les disposer en manière de croix. (Note inédite adressée à M. Antonio Cabreira.)

(²) L'unité de référence est L ou l selon que le signe de la variation de la vitesse correspondante soit — ou +.

Durées des révolutions.	Variation de l'orbite.	Variation de la vitesse.	Variation de la distance.
25.II.837–19.VII–912	0,97897	+0,59351	1,29802
19.VII.912–15.IX.989	1,00181	−0,17078	2,41978
15.IX.989–1.IV.1066	0,99381	+0,07356	3,68741
1.IV.1066–29.IV.1145	0,02785	−0,92386	1,04038
29.IV.1145–15.IX.1222	1,00466	−0,25308	1,98779
15.IX.1222–22.X.1301	1,02710	−0,90226	1,05276
22.X.1301–8.XI.1378	1,00039	−0,12962	2,77754
8.XI.1378–8.VI–1456	1,00729	−0,32921	1,74285
8.VI.1456–25.VIII.1531	0,97659	+0,67705	1,21531
25.VIII.1531–27.X.1607	0,98904	+0,24064	2,04056
27.X.1607–14.IX.1682	0,97214	+0,83291	1,09583
14.IX.1682–12.III.1759	0,99316	+0,09600	3,22718
12.III.1759–16.XI.1835	0,99551	+0,01371	8,54043
16.XI.1835–19.V.1910	0,96737	+1,00000	1,00000

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Linéarisation d'un $(ds)^2$ quelconque.* Note [1] de M. **Th. De Donder.**

1. *Décomposition d'un $(ds)^2$ quelconque en une somme de carrés.* Considérons un $(ds)^2$ quelconque

$$(1)\qquad (ds)^2 \equiv \sum_\alpha \sum_\beta g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, n),$$

où $g_{\alpha\beta}$ sont des fonctions données *a priori* des variables *réelles* $x^1, \ldots, x^n$. Reportons-nous à notre formule (122) de notre *Introduction à la Gravifique einsteinienne* [2]; on aura, en sous-entendant les signes sommatoires,

$$(2)\qquad g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta \equiv g_{ij}\, dx^i\, dx^j - \left(\frac{g_{in}\, dx^i}{\sqrt{g_{nn}}}\right)^2 + \left(\frac{g_{\alpha n}\, dx^\alpha}{\sqrt{g_{nn}}}\right)^2 \qquad [i, j = 1, \ldots, (n-1)].$$

Posons

$$(3)\qquad c_{ij} \equiv g_{ij} - \frac{g_{in}\, g_{jn}}{g_{nn}},$$

$$(4)\qquad du_n \equiv \frac{g_{\alpha n}\, dx^\alpha}{\sqrt{g_{nn}}},$$

où du_n représente donc une forme de Pfaff (en général, de rang n).

---

(1) Séance du 19 décembre 1932.

(2) Fasc. VIII du *Mémorial des Sciences mathématiques* (Gauthier-Villars, Paris, 1925); voir spécialement page 35.

Maintenant le $(ds)^2$ qui figure dans (1) pourra s'écrire

$$(ds)^2 \equiv c_{ij}\, dx^i\, dx^j + (du_n)^2. \tag{5}$$

On appliquera de nouveau la formule (2) à la forme

$$c_{ij}\, dx^i\, dx^j \qquad [i, j = 1, \ldots, (n-1)], \tag{6}$$

qui ne renferme plus que $(n-1)$ différentielles $dx^1, \ldots, dx^{n-1}$.

On obtiendra, après n réductions, la décomposition en une somme de carrés,

$$\boxed{(ds)^2 \equiv (du_1)^2 + (du_2)^2 + \ldots + (du_n)^2}, \tag{7}$$

où $du_1, \ldots, du_{n-1}$ sont aussi des formes de Pfaff dont les valeurs *explicites* s'obtiennent immédiatement grâce à (4) et (3) réitérés; ainsi, par exemple, on aura

$$du_{n-1} \equiv \frac{c_{i,n-1}\, dx^i}{\sqrt{c_{n-1,n-1}}} \qquad [i = 1, \ldots, (n-1)]. \tag{8}$$

2. *Linéarisation d'un* $(ds)^2$ *quelconque*. — Considérons d'abord la forme quadratique spéciale

$$(X_1)^2 + (X_2)^2 + \ldots + (X_n)^2. \tag{9}$$

Écrivons-la sous la forme d'un produit de deux facteurs, à savoir :

$$\left(\sum_{i=1}^{n-1} X_i e^i + X_n e^n\right)\left(-\sum_{j=1}^{n-1} X_j e^j + X_n e^n\right), \tag{9'}$$

où les e^i et e^n forment un groupe (¹) de n unités hypercomplexes tel qu'on ait

$$\left\{\begin{array}{l} e^i e^j + e^j e^i = -2\delta^{ij}, \\ e^i e^n = e^n e^i, \\ (e^n)^2 = 1, \end{array}\right. \tag{9''}$$

où $\delta^{ii} \equiv 1$, et $\delta^{ij} \equiv 0$ si i est différent de j.

Retournons à la formule (7) et faisons jouer aux du_α le rôle des X_α $(\alpha = 1, \ldots, n)$ qui figurent dans (9) et (9'); on aura ainsi la linéarisation

(¹) Pour plus amples renseignements, voir page 1410 de l'*Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften*, III, AB. 11 (Leipzig, B. G. Teubner, 1914-1931).

explicite :

$$(ds)^2 \equiv \left(\sum_{i=1}^{n-1} e^i du_i + e^n du_n\right)\left(-\sum_{i=1}^{n-1} e^i du_i + e^n du_n\right). \tag{10}$$

3. *Application à l'espace-temps einsteinien.* — Supposons que n soit égal à 4, et désignons par x^1, x^2 et x^3 les trois coordonnées spatiales ; x^4 sera le temps t. Alors (ds^2) *linéarisé* sera donné par (10) où l'on posera, en vertu de (9''),

$$\begin{cases} e^4 \equiv 1, \\ e^1 \equiv j, \quad e^2 \equiv k, \quad e^3 \equiv l, \end{cases} \tag{11}$$

et où les du_i et du_4 sont donnés *explicitement* par (3) et (4) réitérés.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure de la raie* K_α *du carbone.* Note de M. **A. Hautot**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note précédente [1], j'ai signalé, en collaboration avec Max Morand, l'existence d'une structure fine de la raie K_α du carbone. Une telle structure n'ayant pas été observée jusqu'à présent et ayant même été niée par certains chercheurs, il importait de donner une confirmation précise de ce résultat ; la présente Note apporte, semble-t-il, cette confirmation en même temps que des données nouvelles.

Il convient tout d'abord de remarquer que le succès de l'étude entreprise sur la raie K_α du carbone provient de la dispersion des spectrographes utilisés ; cette dispersion est, en effet, notablement supérieure à celle des spectrographes utilisés par les chercheurs qui ont déjà observé cette raie.

Des enregistrements microphotométriques relatifs à quatre ordres de diffraction établissent avec netteté la séparation des deux composantes signalées dans la première Note ; la composante de grande longueur d'onde est considérablement plus intense que l'autre.

L'observation visuelle de certains clichés ayant permis de penser que la raie de grande longueur d'onde était elle-même complexe, des essais ont été entrepris avec une fente très fine et un réseau diaphragmé. Malgré ces circonstances, la raie pouvait être encore photographiée, en quelques minutes, dans quatre ordres, en consommant seulement 100 watts dans le

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1070.

tube. Les enregistrements montrent qu'au deuxième ordre une décomposition de la raie de grande longueur d'onde est esquissée; cette décomposition est nette au troisième ordre; il ne peut plus subsister aucun doute au quatrième ordre tant elle est parfaite.

Des essais ont été faits à des tensions régulièrement espacées entre 340 et 2600 volts; dans tous les cas, la raie est observée avec la structure décrite ci-dessus. Il semble cependant que, pour de faibles tensions, l'intensité de la composante de plus courte longueur d'onde diminue de manière appréciable.

La raie K_α du carbone apparaît donc comme constituée au moins par trois raies. Il y a 0,2 Å et 0,7 Å entre la composante de plus grande longueur d'onde (la plus intense) et les deux autres composantes. Ces nombres concordent parfaitement pour un grand nombre de clichés pris avec deux spectrographes différents. L'intensité de la composante moyenne est comprise entre celle de la composante de plus grande longueur d'onde et celle de la composante de plus petite longueur d'onde (la plus faible).

Il est intéressant de rapprocher la structure ainsi observée de la structure que laisse prévoir la loi de Moseley appliquée à l'atome de carbone. Si l'on se reporte aux mesures effectuées par Wetterblad [1] sur les raies α_{12}, α', α_3, α_4, α_5, α_6, du spectre K_α de N_a, on trouve, par application de la loi de Moseley, que la raie de plus grande longueur d'onde doit être accompagnée de raies (de plus courte longueur d'onde) correspondant aux intervalles suivants : 0,18 Å pour α', 0,33 Å pour le groupe α_{34}, 0,68 Å pour le groupe α_{56}. La concordance est très bonne si l'on admet que les raies observées correspondent respectivement à la raie de plus grande longueur d'onde, au groupe α', α_{34} et au groupe α_{56}. Il semble donc bien, contrairement à l'opinion émise par certains chercheurs, que la raie K_α du carbone ait une structure semblable à celle des raies K_α des éléments plus lourds.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul d'un amplificateur de basse fréquence pour cellule photoélectrique.* Note de M. **G.-A. Boutry**, présentée par M. Ch. Fabry.

On a été amené, au cours de la réalisation d'un densitomètre de précision à cellule photoélectrique, à étudier la construction d'un amplificateur de

---

[1] *Zeitschrift für Physik*, 42, 1927, p. 603 et 611.

basse fréquence à lampes thermoioniques. La méthode de mesure utilisée procédant par déviations constantes, on ne demandait à l'appareil que d'être stable et assez sensible.

On s'est limité à l'emploi d'amplificateurs dans lesquels le couplage de la cellule de la première lampe n'était pas conductif. L'impédance R de la cellule, dans les conditions d'emploi, est très considérable (de l'ordre de $6000\,\Omega$); un transformateur d'impédance adapté à un tel circuit n'est pas réalisable; on a étudié le couplage classique par résistances et condensateur.

La cellule débite sur une résistance r couplée à la grille de la lampe par un condensateur de grande capacité C; la grille est connectée au filament par une résistance de fuite. L'ensemble de l'étage équivaut à trois impédances en dérivation sur r, et dues :

1° Aux résistances du circuit de grille (fuite, isolement, résistance interne); cet ensemble, purement ohmique, en série avec l'impédance négligeable due à C, sera désigné par σ.

2° A la capacité grille-plaque c. On peut calculer l'impédance X qu'elle produit par la méthode de Miller. Dans le cas où la lampe est couplée à l'étage suivant par une impédance de l'ordre de sa résistance interne, et où ces deux facteurs sont petits devant $1/c\omega$, elle se réduit au terme capacitif

$$X = \frac{1}{\frac{k}{2}+1}\cdot\frac{1}{c\omega} \qquad \text{ou} \qquad X = \sqrt{\frac{1}{1+(k+1)^2}}\cdot\frac{1}{c\omega}$$

Couplage intervalve résistant. Couplage intervalve inductif.

k étant le coefficient d'amplification de la lampe. Avec des pulsations ω de l'ordre de 1000, X vaut $30\,\Omega$ pour une triode ordinaire ($k=20$, $c=3.10^{-12}$ farad), $2000\,\Omega$ pour une lampe à écran du type E. 452 (¹). Mais, dans ce dernier cas, il s'établit à travers la grille écran une dérivation supplémentaire d'impédance $1/c_1\omega$, où c_1 désigne la capacité grille de contrôle-grille écran; pour la lampe en question, $1/c_1\omega = 250\,\Omega$.

3° A la capacité filament-plaque : nous la négligeons devant les termes précédents.

Dans ces conditions d'emploi, l'impédance de l'étage peut donc être réduite à deux termes, la résistance σ et la capacitance $1/mc\omega$ (où m est un coefficient numérique) en dérivation sur σ; en notation imaginaire

$$\frac{1}{Z^x} = \frac{1}{\sigma} - \frac{mc\pi}{J}, \qquad \text{avec} \quad \operatorname{mod} Z = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{\sigma^2}+m^2c^2\omega^2}}$$

Soient I l'intensité débitée par la cellule, i_1 et i_2 les fractions de I qui passent respectivement dans r et dans Z; les relations de Kirchhoff donnent

(¹) Dénomination du constructeur.

(notation imaginaire)

$$I^* = i_1^* + i_2^*, \qquad r i_1^* = Z^* i_2^*,$$

$$i_2^* \left[r + \frac{\frac{1}{\sigma}}{\frac{1}{\sigma^2} + m^2 c^2 \omega^2} - j \frac{m c \omega}{\frac{1}{\sigma^2} + m^2 c^2 \omega^2} \right] = I^* r$$

La différence de potentiel entre grille et filament est

$$u^* = Z^* i_2^*$$

et le courant plaque correspondant

$$i_\rho^* = \frac{k u^*}{\rho + R_2} \qquad \text{ou} \qquad i_\rho^* = \frac{k u^*}{\rho + j \mathcal{L} \omega};$$

équations où k est le coefficient d'amplification de la lampe, ρ sa résistance interne, R_2 ou $\mathcal{L}\omega$ l'impédance de liaison avec l'étage suivant. Calcul fait, le coefficient d'amplification en ampères de l'étage est [1]

$$(1) \qquad \mu = \frac{i_\rho}{I} = k \frac{r}{\rho + R_2} \sqrt{\frac{\frac{1}{\frac{1}{\sigma^2} + m^2 c^2 \omega^2}}{\left[r + \frac{\frac{1}{\sigma}}{\frac{1}{\sigma^2} + m^2 c^2 \omega^2} \right]^2 + \left[\frac{m c \omega}{\frac{1}{\sigma^2} + m^2 c^2 \omega^2} \right]^2}}.$$

Si l'on réduit Z à sa partie ohmique σ, μ devient

$$(2) \qquad \mu' = k \frac{1}{\rho + R_2} \frac{r\sigma}{\sigma + r}.$$

Avec la même approximation, le coefficient d'amplification en volts de l'étage serait

$$(3) \qquad \varkappa' = k \frac{R_2}{\rho + R_2} \frac{r\sigma}{(r + \sigma)(r + R)}.$$

Dans la formule (2) r et σ jouent le même rôle; dans le cas particulier où $r = \sigma$, posons $1/mc\omega = \sigma/\rho$, il vient

$$\frac{\mu}{\mu'} = 2 \left[\frac{\frac{1}{1+\rho^2}}{1 + \frac{1}{1+\rho^2} + \frac{2}{1+\rho^2}} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

---

(1) Si la liaison intervalve est inductive, remplacer $\rho + R_2$ par $\sqrt{\rho^2 + \alpha^2\omega^2}$.

formule qui montre que, pour $p = 0,05$, $\mu/\mu' = 0,96$: le calcul de μ peut être effectué, quand on ne désire pas une approximation supérieure à 4 pour 100, à l'aide de la formule (2), pourvu que r et σ ne dépassent pas la valeur $1/2\, mc\omega$, soit, pour les lampes considérées, 15 Ω (triode), et 125 Ω (E. 452).

La discussion des formules (2) et (3) montre que l'emploi de lampes à grille écran s'impose, et que la meilleure amplification en énergie [1] est obtenue quand $\rho = R_2$, et quand le produit $\sigma r = R^2$. Pratiquement, on ne peut dépasser $r = \sigma = 100\,\Omega$ sans compromettre la stabilité de l'étage.

L'expérience a vérifié les prévisions ci-dessus ; l'écart entre les valeurs de μ mesurées et celles que donne la formule (2) ne dépasse pas 10 pour 100. On obtient aisément des valeurs de μ comprises entre 10 000 et 20 000 ; pour aller au delà, il faut disposer d'un matériel très bien isolé et protégé. En faisant suivre l'étage par une triode détectant par courbure de sa caractéristique de grille, l'intensité d'un courant photoélectrique de 10^{-9} amp. peut être multipliée par 90 000.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Action d'un champ magnétique sur une cellule photoélectrique à remplissage gazeux.* Note [2] de M. **P. Fourmarier**, présentée par M. Paul Janet.

L'application à une cellule photoélectrique d'un champ magnétique perpendiculaire au flux électronique a pour effet de réduire le courant photoélectrique. Nous avons fait quelques essais concernant cet effet dans le cas particulier des cellules à remplissage gazeux. Le champ magnétique était produit par un électro-aimant disposé de façon que les lignes de force du champ magnétique soient perpendiculaires aux trajectoires électroniques dans la cellule. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° *Illumination constante.* — Les courbes données ci-après (*fig.* 1) donnent le diagramme, en fonction de la tension appliquée aux bornes de la cellule, du rapport $\rho = i/I$ du courant i lorsque le champ magnétique est établi au courant I en l'absence du champ magnétique. Les courbes en traits interrompus donnent le courant I.

On voit que :

---

(1) Elle dépend du produit $\mu\chi$.

(2) Séance du 19 décembre 1932.

a. Pour toutes les cellules, la valeur de ρ augmente à partir de $V = 0$ jusqu'à un maximum pour ensuite diminuer rapidement;

b. La valeur de ρ est plus grande pour les cellules à remplissage d'hélium

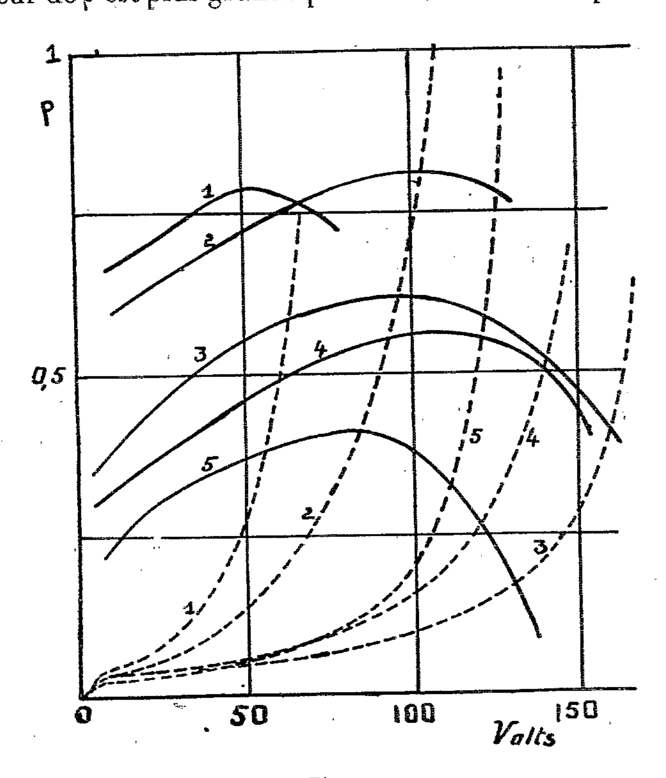


Fig. 1.

1, *cathode :* cæsium; *gaz :* hélium; 2, *cathode :* potassium; *gaz :* hé lium; 3, *cathode :* cæsium *gaz :* néon (*a*); 4, *cathode :* cæsium; *gaz :* néon (*b*); 5, *cathode :* potassium; *gaz :* argon.

que pour les cellules à remplissage d'argon ou de néon, à champ magnétique égal.

2° *Illumination brusque*. — Les oscillogrammes reproduits à la figure 2 donnent le diagramme du courant pour une illumination brusque (fente lumineuse complètement ouverte en M) sans champ magnétique (courbe *c*) et avec champ magnétique (courbes *a* et *b*). On voit que l'application du champ magnétique diminue l'à-coup initial de courant (ordonnée en M) dans une proportion représentée sur le diagramme (*fig.* 1) par le prolongement de la partie ascendante de la courbe de ρ. La composante du courant qui est fortement soumise au traînage diminue considérablement et peut même être réduite presque à zéro.

Ces observations nous semblent pouvoir corroborer l'hypothèse que nous avons déjà émise de l'influence des ions positifs sur le traînage. Les ions positifs sont en effet dans la cellule des éléments à très faible vitesse, donc éminemment sensibles au champ magnétique. Or l'effet du champ magnétique sur les électrons diminue quand la tension appliquée augmente puisque

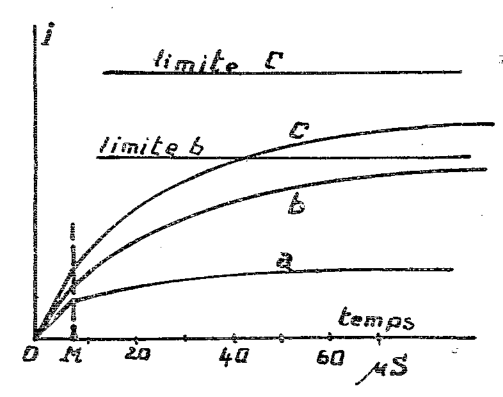


Fig. 2. — Cellule potassium-argon. V = 125 volts. H, fin de l'ouverture de la fente lumineuse; a, b, courbes avec champ magnétique. $\mathcal{H}_a > \mathcal{H}_b$; c, courbe sans champ magnétique.

la vitesse des électrons est proportionnelle au champ électrique accélérateur. Le rapport ρ_1 du courant d'ionisation dû aux électrons quand le champ est établi au courant sans champ magnétique augmente constamment avec la tension, suivant la partie ascendante de la courbe de ρ. Si donc ρ diminue à partir d'une certaine tension, c'est qu'interviennent à ce moment dans l'ionisation des éléments très sensibles au champ magnétique : les ions positifs.

D'autre part, la composante du courant qui diminue lors de l'application du champ magnétique est la composante cause du traînage. Il semble donc bien qu'il y ait corrélation entre les deux phénomènes et que les ions positifs soient la cause du traînage.

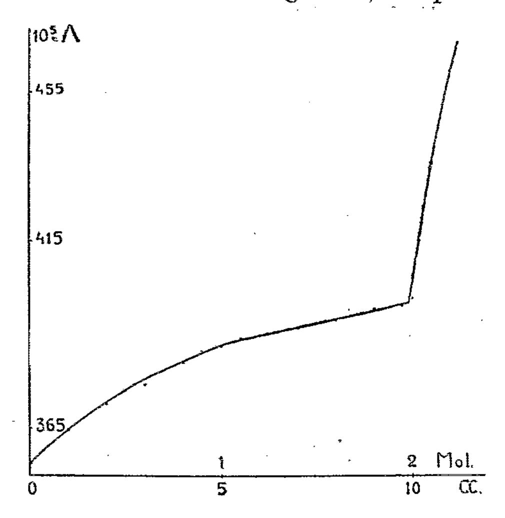
Il est, d'autre part, logique, si l'on admet cette explication que l'effet du champ magnétique soit moins marqué dans les cellules à remplissage d'hélium où les vitesses des ions positifs sont considérablement plus grandes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'iodomercurate d'argent.* Note [1] de M. F. GALLAIS, présentée par M. G. Urbain.

Dès 1870, Meusel [2] signale l'iodure double d'argent et de mercure comme un précipité jaune, devenant rouge brique à chaud et redevenant jaune par refroidissement. Cette curieuse propriété, qui a valu depuis à ce composé un emploi industriel [3], a fait l'objet de nombreux travaux [4].

En étudiant les anions iodomercuriques [5], j'ai été amené à suivre, par des mesures de conductibilité, la réaction du nitrate d'argent avec l'iodomercurate de potassium.

La courbe ci-dessous représente la conductibilité de deux molécules de KI et d'une molécule de biiodure en solution 0,01 M dans l'alcool à 20°, en fonction des quantités d'azotate d'argent 0,1 M qui leur ont été ajoutées.



Elle présente un seul point anguleux, terminant un tracé très régulier, pour l'addition de deux molécules d'azotate d'argent; l'analyse du précipité donne à ce moment 23,32 pour 100 d'argent, dosé à l'état de chlorure

(1) Séance du 5 décembre 1932.

(2) MEUSEL, *Ber. d. d. Chem. Ges.*, 3, 1870, p. 123.

(3) Cf. par exemple HT PINNOCK, *J. Soc. Chem. Ind.*, 38, 1919, p. 78.

(4) BELLATI et ROMANEZ, *Atti Inst. Veneto*, 5e série, 6, 1880, p. 1050; A.-E. BAUR, *Z. ph. Chem.*, 18, 1895, p. 180; J. GOLSE, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 865.

(5) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 875.

(calculé pour HgI^4Ag^2, 23,39 pour 100). Ce résultat paraît bien correspondre à la précipitation d'un iodomercurate d'argent unique du type attribué au sel de potassium

$$HgI^4K^2 + 2NO^3Ag = HgI^4Ag^2 + 2NO^3K.$$

Il m'a d'ailleurs été impossible de suivre cette réaction par des mesures de f. e. m. comme je me le proposais, parce que l'introduction d'électrodes métalliques dans le milieu provoque des réactions secondaires.

L'électrode de mercure réagit sur l'anion iodomercurique et le réduit à l'état de iodure mercureux $Hg + HgI^4K^2 = 2HgI + 2KI$. Cette réaction, signalée depuis longtemps ([1]) dans l'eau où elle est entravée par l'iodure de potassium libre, qui y accompagne nécessairement l'anion iodomercurique, se développe bien davantage dans l'alcool à 20° où cet anion se trouve isolé. Quant à l'électrode d'argent, j'ai constaté qu'elle réagissait sur l'iodomercurate d'argent selon l'équation :

$$HgI^4Ag^2 + 2Ag = Hg + 4AgI,$$

ce qui en prohibe également l'emploi.

Mais j'ai pu effectuer sur le précipité des mesures de coefficients d'aimantation. Ces mesures ont porté comparativement sur l'iodomercurate d'argent, sur le biiodure de mercure qui avait servi à le préparer et sur l'iodure d'argent.

Elles ont été effectuées avec une balance magnétique de Curie et Cheneveau en adoptant comme coefficient d'aimantation spécifique de l'eau la valeur $-0,72.10^{-6}$ curie. J'ai trouvé :

	Coefficient d'aimantation spécifique $10^6\chi$.	Coefficient d'aimantation moléculaire $10^6\chi_M$.
HgI^2	$-0,25$	-113
AgI	$-0,29$	-68

ce qui permettrait de calculer par additivité pour l'iodomercurate d'argent :

HgI^4Ag^2	$-0,27$	-250

Or, j'ai trouvé :

HgI^4Ag^2	$-0,19$	-176

Les chiffres expérimentaux sont donc inférieurs de près de 30 pour 100 aux chiffres calculés par additivité; et si l'on admet que la différence porte

([1]) M. François, *Thèse doctorat sciences*, Paris, 1901, p. 19.

tout entière sur le mercure, on trouve que cet élément devient paramagnétique dans l'iodomercurate d'argent ($\chi = +0,24.10^{-6}$). Ce résultat, qui prend tout son sens si on le rapproche du résultat analogue que M. Pascal [1] a obtenu pour l'iodomercurate de potassium, permet d'attribuer à l'iodomercurate HgI^4Ag^2 le caractère de combinaison complexe. Dans un travail dont j'ai eu connaissance après avoir terminé cette recherche [2], J. Ketelaar conclut également à l'individualité de HgI^4Ag^2 d'après les diagrammes de poudre qu'il a obtenus aux rayons X.

J'ai effectué la même mesure sur une fraction du même échantillon qui avait été porté une heure à 60° sans trouver la moindre différence avec le produit non chauffé.

Par ailleurs, le caractère phototropique que l'iodomercurate d'argent présente à un léger degré, comme beaucoup de dérivés mercuriels [3], m'a paru être en rapport avec la teneur de ce corps en humidité. Très marqué sur le produit qui vient d'être floculé de sa solution colloïdale, il s'atténue progressivement par la dessiccation dans le vide sulfurique au point de faire presque complètement défaut sur le produit sec conservé en tube scellé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de divers agents déshydratants sur l'alcool phényléthylique primaire.* Note de MM. **L. Palfray**, **S. Sabetay** et Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. Delépine.

La déshydratation de l'alcool phényléthylique primaire

$$C^6H^5-CH^2-CH^2OH$$

peut se poursuivre par deux voies différentes. D'une part, les déshydratants acides (SO^4NaH, SO^4H^2) provoquent le départ d'une molécule H^2O entre deux molécules d'alcool avec formation d'un éther-oxyde

$$C^6H^5-CH^2-CH^2-O-CH^2-CH^2C^6H^5 \text{ (4)};$$

d'autre part, en présence de déshydratants basiques (KOH fondue), les

(1) Pascal, *Ann. de Chim. et Phys.*, 8e série, 16, 1909, p. 520.
(2) J. Ketelaar, *Zeit. für Krist.*, 80, 1931, p. 190.
(3) Prin, *Chem. Ind.*, 42, 1923, p. 292; S. V. Raghava Rao et H. E. Watson, *J. Phys. Chem.*, 32, 1928, p. 1354.
(4) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 612; 188, 1929, p. 1073.

éléments de l'eau sont enlevés à une seule molécule de l'alcool, et le produit unique de la réaction est un carbure non saturé : le styrolène ([1]).

Il était intéressant d'étudier systématiquement l'action de divers agents déshydratants, pour déterminer quel est le milieu le plus favorable à l'une ou à l'autre des deux réactions de déshydratation et voir si certains agents étaient capables de produire la déshydratation simultanément dans les deux directions. Dans cette vue, nous avons fait couler goutte à goutte 25^g (1/5 mol) de phényléthanol sur un tiers ou un quart de molécule d'agent déshydratant, chauffé préalablement à 250° (bain d'huile). Le distillat recueilli quantitativement et mélangé, s'il y avait lieu, au produit restant dans le ballon, était fractionné dans le vide. On pouvait ainsi évaluer approximativement la teneur en styrolène et oxyde de phényléthyle à côté du phényléthanol non attaqué et de résines pouvant provenir de la polymérisation du styrolène. Parfois, nous avons opéré en chauffant à reflux le mélange de phényléthanol et de déshydratant.

1° *Acide oxalique anhydre* (reflux). — Déshydratation nulle. A côté de phényléthanol non attaqué, on isole une quantité notable d'oxalate neutre de phényléthyle ($C^{18}H^{14}O^4$), cristaux blancs inodores (alcool) ([2]), fondant à 51°-51°,5, bouillant sous $2\text{-}3^{mm}$ à 221-223° ([3]). On peut baser sur cette réaction un procédé d'identification de l'alcool phényléthylique, qui bien que moins sélectif que celui de S. Sabetay ([4]), est d'une exécution plus rapide.

On chauffe à feu nu, 1 à 2 minutes, 5^g de phényléthanol avec $0^g,1$ d'acide oxalique anhydre. On ajoute 1^{cm^3} d'eau, porte à l'ébullition, refroidit après addition de 2^{cm^3} d'alcool à 95°, on chauffe de nouveau pour redissoudre, refroidit et essore les cristaux, F = 50°-50°,5. Après recristallisation dans l'alcool à 80°, F = 51°-51°,5.

2° *Anhydride acétique*. — Conduit quantitativement à l'acétate de phényléthyle. Pas de déshydratation.

3° *Anhydride phtalique*. — Donne 3 à 4^g de styrolène.

4° *Anhydride phosphorique* (reflux). — Fournit 3^g de liquide fluorescent E_{19} = 165-210° et des résines exemptes de phosphore.

([1]) S. Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 69.

([2]) Un oxalate commercial est annoncé comme possédant une « note intéressante ». Recristallisé dans l'alcool il devient absolument inodore comme le nôtre. Fusion mélangée, pas de dépression.

([3]) Analyse : Indice de saponification pour $1^g,1329$, KOH N/2, trouvé 7,57, calculé pour l'oxalate neutre, 7,60.

([4]) S. Sabetay, *Am. Chim. anal.*, 11, 1929, p. 193.

5° *Chlorure de thionyle* (reflux). — Fournit du chlorure de phényléthyle [1] et 1^g de mercaptan.

6° *Chlorure de zinc fondu.* — Donne 7^g de liquide fluorescent $E_{16} = 167\text{-}190°$ (distyroline, éther oxyde ou mélange).

7° SO^4NaH (technique de Senderens). — Fournit 72 pour 100 d'oxyde de phényléthyle $C^{16}H^{18}O$, $E_{15} = 180°,5$, $n_D^{18,5}$: 1,5488, $d_4^{18,5}$ 1,014, R_D si 70,88, calc. 70,52. L'oxyde pur n'est pas fluorescent (contrairement aux indications de toute la littérature).

8° *Alun calciné.* — Donne 11 à 13^g de styrolène et $3^g,5$ de liquide fluorescent, $E_{20} = 170\text{-}210°$.

9° SO^4Cu *anhydre.* — Conduit à un mélange de 3^g de styrolène, 18^g de phényléthanol non attaqué et 1^g de liquide $E_{15} = 170\text{-}180°$.

10° *Brome* (déshydratation catalytique). — Donne un peu de bromure de phényléthyle et 9^g de liquide $E_{17} = 188\text{-}190°$.

11° *Soude et potasse à* 36° Bé (reflux). — Aucune action.

12° *Soude fondue.* — Déshydratation du styrolène, mais beaucoup moins facile qu'avec la potasse fondue qui déshydrate quantitativement.

13° CO^3Na^2. — Aucune action.

14° CO^3K^2. — Donne 1^g de styrolène.

15° BaO. — Fournit du styrolène avec un rendement qui peut atteindre 60 pour 100. En grand, l'opération est incommode (boursoufflement) et le rendement baisse considérablement.

16° *Oxyde et hydrate de calcium.* — Donnent à peine 4^g de styrolène.

Conclusions. — Des faits ci-dessus, il résulte que d'une façon générale, la déshydratation tend plutôt à la formation du styrolène qu'à celle de l'éther-oxyde. Les milieux acides (bisulfate, acide sulfurique) favorisent la formation d'éther-oxyde. En milieu alcalin, on obtient comme unique produit le styrolène. Dans ce cas, c'est la potasse caustique qui est le déshydratant de choix. Tout ceci n'est valable que pour le phényléthanol primaire. En ce qui concerne l'isomère secondaire, $C^6H^5 - CHOH - CH^3$, on constate que le bisulfate et l'acide sulfurique déshydratent en styrolène (Senderens) alors que la potasse fondue est sans action.

---

(1) Il est intéressant de signaler que l'homologue $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CH^2OH$ et se déshydrate par $SOCl^2$ en allyl et iso-allylbenzène. Mme Ramart et Mlle Amagat, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 638.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des acides alcools et des sucres par l'acide periodique*. Note de MM. **Paul Fleury** et **Jacques Lange**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1928, Malaprade (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 382), étudiant l'action de l'acide periodique IO^4H sur les polyols, montra que ces corps étaient attaqués à froid en quelques heures. Tandis que l'acide periodique était ramené à l'état d'acide iodique, ces polyols donnaient quantitativement et exclusivement du formol et de l'acide formique selon l'équation générale

$$CH^2OH(CHOH)^nCH^2OH + (n+1)IO^4H$$
$$= (n+1)IO^3H + H^2O + 2HCHO + nHCO^2H.$$

Nous avons repris l'étude de cette réaction dans le but d'étendre si possible son application à des corps de constitution plus complexe que les polyols.

Pour aborder cette étude, nous avons mis au point une série de techniques qui seront exposées dans un autre recueil, ainsi que le détail des expériences dont nous ne donnons ici que les principales conclusions.

1° L'acide periodique IO^4H, qui attaque si facilement les polyols à froid et en solution étendue, est sans action, non seulement sur les *corps à fonction alcool simple* (alcool méthylique, éthylique, etc.), mais même sur la *pentaérythrite* $(CH^2OH)^4C$. Ce corps possède quatre fonctions alcools, mais les quatre carbones à fonction alcoolique sont séparés les uns des autres par un atome de carbone; ce fait montre le rôle primordial joué par la contiguïté de deux fonctions alcools dans l'attaque par l'acide periodique [1].

2° Cette conclusion se trouve amplement confirmée par l'étude d'un certain nombre d'*acides alcools*. Les acides glycolique, malique, citrique qui ne contiennent qu'une fonction alcool ne sont nullement attaqués. Par contre, les *acides tartrique*, *gluconique* et *saccharique*, qui présentent des fonctions glycols α, sont rapidement (1 à 2 heures) détruits à froid.

Les faits expérimentaux peuvent être traduits par les réactions sui-

(1) Il est intéressant de remarquer que Rudolf Criegee (*Ber. Deutsch. Chemische Gesels.*, 64, 1931, p. 260) arrive à des résultats identiques, en particulier, avec la pentaérythrite, en utilisant les sels de plomb IV, que ses recherches amènent à considérer comme un réactif spécifique des glycols α.

vantes :

(I) $CO^2H - CHOH - CHOH - CO^2H + IO^4H = IO^3H + H^2O + 2CO^2H - CHO$,
Ac. tartrique. Ac. glyoxylique.

(II) $CH^2OH - (CHOH)^4 - CO^2H + 4IO^4H$
Ac. gluconique.
$= 4IO^3H + HCHO + 3HCO^2H + CO^2H - CHO$,
Formol. Ac. formique. Ac. glyoxylique.

(III) $CO^2H - (CHOH)^4 - CO^2H + 3IO^4H = 3IO^3H + 2HCO^2H + 2CHO - CO^2H$.
Ac. saccharique. Ac. formique. Ac. glyoxylique.

On retrouve donc les produits d'oxydation auxquels donne lieu l'attaque des polyols, c'est-à-dire le formol provenant des carbones portant une fonction alcool primaire et l'acide formique résultant de l'attaque des carbones à fonction alcool secondaire, *sauf toutefois si ce carbone est lié à un carboxyle*. Dans ce dernier cas, il reste soudé à ce carboxyle et se transforme en aldéhyde, d'où formation de l'acide glyoxylique $CO^2H - CHO$ qui a été identifié parmi les produits de l'oxydation de l'acide tartrique et de l'acide gluconique, par sa condensation avec l'acétophénone [1].

3° Nous avons étudié à ce même point de vue *trois oses*, la *dioxyacétone*, le *glucose* et le *lévulose*. Ces trois corps sont aussi rapidement disloqués que les polyols par l'acide periodique à froid, mais avec quelques particularités remarquables.

Le glucose demande pour son oxydation 5 atomes d'oxygène, comme le mannitol, en donnant une molécule de formol par sa fonction alcool primaire et 5 molécules d'acide formique : ces faits montrent que, par suite du voisinage de la fonction alcool, la fonction aldéhydique a été également oxydée.

L'équation ci-dessous traduit ces résultats expérimentaux :

$$CH^2OH - (CHOH)^4 - CHO + 5IO^4H = 5IO^3H + HCHO + 5HCOOH.$$

La dioxyacétone, qui demande pour son oxydation un seul atome d'oxygène, ne donne, malgré la présence de deux fonctions alcools primaires, qu'une seule molécule de formol, les deux autres atomes de carbone restant liés sous forme d'un produit non réducteur qui est probablement l'acide glycolique.

La réaction peut se traduire par l'équation ci-dessous :

$$CH^2OH - CO - CH^2OH + IO^4H = IO^3H + HCHO + CH^2OH - CO^2H.$$
Dioxyacétone. Acide glycolique.

---

(1) J. BOUGAULT, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1270.

Le lévulose, sucre cétonique, fixe, par son oxydation, 4 atomes d'oxygène (tandis que le glucose en fixe 5). Ce fait s'accorde avec la fixation d'un seul atome d'oxygène par la dioxyacétone, mais la réaction avec le lévulose est plus complexe. A côté d'une réaction secondaire sur laquelle nous ne pouvons insister ici, la réaction principale paraît calquée sur celle de la dioxyacétone, en donnant donc lieu à du formol et probablement de l'acide glycolique (avec de l'acide formique pour les autres fonctions alcools secondaires) selon l'équation

$$\underbrace{CH^2OH - (CHOH)^3 - CO - CH^2OH}_{\text{Lévulose.}} + 4IO^4H$$
$$= 4IO^3H + \underbrace{HCHO}_{\text{Formol.}} + \underbrace{3HCO^2H}_{\text{Ac. formique.}} + \underbrace{CH^2OH - CO^2H}_{\text{Ac. glycolique.}}$$

Conclusions. — Cette réaction apparaît ainsi comme spécifique des glycols α. De plus, nos résultats montrent l'influence exercée sur la nature de produits d'oxydation par la présence, à côté de carbones à fonction alcoolique, d'atomes de carbone portant des fonctions différentes qui peuvent soit résister à l'attaque, soit participer à la réaction.

Par sa netteté, sa facilité d'emploi, la simplicité relative des produits d'oxydation, cette réaction paraît susceptible d'éclairer la constitution de certains composés organiques. Elle permet d'espérer également des applications analytiques variées. C'est dans cette double voie que nos recherches continuent.

MINÉRALOGIE. — *Sur la vanadinite d'Hérival (Vosges).*

Note de MM. **L.** et **H. Longchambon**, présentée par M. F. Wallerant.

La vallée de la Combeauté pénètre à partir de Faymont (Val d'Ajol) en remontant vers l'Est, dans un massif de granulites très minéralisé, où quartz, oligiste, barytine, fluorine et galène se rencontrent fréquemment, et souvent en masses importantes.

A 100^m nord-ouest de la ferme d'Hérival, dans des filonnets de galène-fluorine, nous avons reconnu la présence de vanadinite. Ce minéral apparaît dans plusieurs fentes de la roche et constitue dans l'une d'elles un véritable filon continu : la vanadinite est sous la forme de concrétions cristallines dont le poids varie de quelques centaines de grammes à plusieurs kilogrammes, l'épaisseur moyenne du filon est de 5^{cm}. Les concrétions, à cassure résineuse rouge orangé, sont engagées dans une argile de

remplissage de couleur jaune vif, dont on sépare facilement, par lévigation, une fine poussière de vanadinite.

L'analyse de cette partie fine purifiée par liqueurs denses à donné : Pb, 65; V^2O^5, 14; Cl, 2,1; SiO^2, 8; Ca, 1,5; P^2O^5, 1,6; F, 0.5; Al^2O^3, 3; As^2O^5, 2,7; Fe^2O^3, 0,2. Densité, 6,2.

Si l'on compte SiO^2, Al^2O^3, Fe^2O^3 comme impuretés, la composition du minéral correspond à un complexe dans lequel interviennent la pyromorphite, la mimétèse, la vanadinite et l'apatite, donc plus complexe encore que la polysphärite, l'endlichite, la campylite ou l'hédyphane. La réunion du phosphore, de l'arsenic et du vanadium, du plomb et du calcium, du chlore et du fluor, fait de ce minéral un exemple remarquable de l'isomorphisme des minéraux du type apatite.

Au voisinage de la vanadinite, la granulite est entièrement décomposée et a fourni le kaolin de remplissage du filon. La vanadinite imprègne la roche décomposée sur quelques décimètres de largeur et se concentre sur l'emplacement d'un ancien filon de galène dont on retrouve des traces notables à l'intérieur des concrétions dures de vanadinite. Cette galène est en voie de décomposition et semble avoir fourni le plomb de la vanadinite, le vanadium pouvant provenir de la granulite ou du grès vosgien qui la surmonte.

Le gîte mis à nu sur 5m de hauteur a été suivi sur une cinquantaine de mètres de long en remontant la colline. Ce gîte constitue le seul gisement de vanadinite actuellement connu sur le sol français.

GÉOLOGIE. — *Sur les bases paléontologiques d'une subdivision du Stampien dans le Bassin de Paris.* Note de Mlle **Henriette Alimen**, présentée par M. Ch. Jacob.

Cossmann et Lambert ont distingué dans l'Oligocène marin des environs d'Étampes 6 assises fossilifères devenues classiques ([1]) et correspondant à des gisements types. Elles seraient caractérisées au point de vue de leur faune de Mollusques par des espèces spéciales. Ce sont successivement les niveaux d'*Étrechy* (1 espèce spéciale), de *Jeurres* (71 esp. sp.), de *Morigny* (10 esp. sp.), de *Vauroux* (1 esp. sp.), de *Pierrefitte* (61 esp. sp.) et d'*Ormoy* (2 esp. sp.). La distinction de ces 6 zones me paraît difficile à maintenir.

([1]) Cossmann et Lambert, *Mémoires Soc. géol. France*, 3e série, 3, 1884.

Le *niveau d'Étrechy* est caractérisé par *Perna Heberti* Cossm. et Lambert, espèce créée, et mal définie d'après les auteurs eux-mêmes, sur des fragments de coquilles; on n'en connaît encore aucun individu complet. L'unique espèce spéciale du *niveau de Vauroux* est *Cytherea Semperi* Mayer, qui n'est autre que *Cytherea subarata* Sandb. d'après Cossmann lui-même [1]. Or, cette dernière espèce existe dans les deux niveaux voisins de Morigny et de Pierrefitte. Étrechy et Vauroux n'ont donc, de par leur faune, aucune individualité.

Dans le *niveau d'Ormoy*, *Psammobia nitens* Desh. et *Cerithium abbreviatum* Braun seraient caractéristiques. Or, *Psammobia nitens* a été retrouvé à Pierrefitte et *Cerithium abbreviatum* n'est pour moi qu'une mutation très proche de *Cerithium Boblayi* Desh., espèce qui se rencontre dès la base du Stampien.

Malgré ses dix espèces spéciales *le niveau de Morigny* n'est guère mieux établi. Il faut d'abord éliminer trois espèces que j'ai pu recueillir à d'autres niveaux et quatre qui, dans le Bassin belge, se rencontrent durant tout le Stampien et même durant tout l'Oligocène. Ne restent que trois espèces : *Pileopsis Goossensi* Cossm. et Lambert, qui n'est connue que par une seule coquille, le type de Cossmann et Lambert, *Pleurotoma Parkinsoni* Desh. et *Bithinia jeurensis* Bezançon qui sont mal définies. Enfin les espèces à retenir à *Jeurres* doivent probablement leur localisation aussi étroite à l'influence d'un faciès peu profond et encore un peu saumâtre.

S'opposant à l'ensemble des niveaux inférieurs, la faune de *Pierrefitte* justifie par contre une coupure majeure.

Au total, je propose d'établir, au point de vue paléontologique, une division du Stampien en deux grands horizons seulement : un *horizon inférieur* avec les faunes de Jeurres et de Morigny, un *horizon supérieur* réunissant les niveaux de Pierrefitte et d'Ormoy. On peut alors pour ces deux niveaux principaux indiquer de bonnes espèces, spéciales à chacun d'eux, bien définies, abondantes et se retrouvant dans d'autres bassins oligocènes.

Stampien inférieur. — Indiquons d'abord les fossiles caractéristiques. On peut y citer : *Pectunculus angusticostatus* Lmk., *Panopœa Heberti* Bosq., *Crassatella Bronni* Mérian, *Turbo cancello-costatus* Sandb., *Lucina tenuistriata* Héb. Ces fossiles se retrouvent dans le Bassin de Mayence localisés dans le Meeressand, notamment à Alzey, ou dans le Bassin belge jusqu'au niveau de Berg seulement. A ces quelques espèces, il convient d'ajouter *Ostrea longirostris* Lmk., avec une localisation stratigraphique très étroite, à la base de notre Stampien. Malheureusement cette espèce est aussi très localisée géographiquement dans le Bassin parisien et ne se trouve qu'aux alentours immédiats de Paris. Notons au passage qu'elle y est associée à *Ostrea*

[1] Cossmann, *Revision sommaire de la faune du terrain oligocène marin aux environs d'Étampes*, Paris, 1891 (in-8°), p. 22.

cyathula Lmk. Mais la signification de ces deux huîtres paraît bien différente : tandis qu'*Ostrea longirostris* est un fossile de niveau parfait, au moins dans le Bassin parisien, *Ostrea cyathula* est un fossile de faciès, apparaissant dans tous les dépôts transgressifs du Stampien.

En résumé au début du Stampien s'est produite une invasion du Bassin de Paris par les faunes marines oligocènes. Au centre se sont déposées les marnes à *Ostrea longirostris;* au Sud la mollasse d'Etrechy, que je crois un peu plus récente que les marnes à Huîtres. La mer s'approfondissant légèrement, il s'est formé le falun de Jeurres manifestant encore des influences saumâtres (Potamidès, Lucines, Bythinies). Puis, le faciès devenant plus franchement marin et plus profond, se déposent les sables de Morigny ; enfin, d'autres sables sans fossiles. Tout cet ensemble faunistique est homogène. Ses seules modifications se lient à des variations de faciès, ou à l'apparition de variétés dues à une évolution sur place.

Stampien supérieur. — Parmi les fossiles spéciaux à l'horizon supérieur, signalons à Pierrefite : *Cardita Bazini* Desh., que je regarde comme une mutation de *Cardita Basteroti* Desh. de Gaas, *Venus* cf. *Aglauræ* Brong., *Potamides Lamarcki* Brong., *Murex ornatus* Grat., *Triton foveolatus* Sandb., *Cypræa petrafixense* Cossm. (cf. *C. subexcisa* Braun), *Diastoma Grateloupi* d'Orb. Il est impossible de faire dériver ces formes d'espèces ayant vécu au Stampien inférieur dans notre bassin. Leur présence ne peut se justifier non plus par des questions de faciès. Il s'agit d'une arrivée brusque d'organismes qui existaient antérieurement soit dans le Bassin de l'Adour (*Cardita Basteroti*, *Venus Aglauræ, Diastoma Grateloupi*), soit dans la mer d'Allemagne (*Potamides Lamarcki*, *Triton foveolatus*, *Cypræa subexcisa*, etc.), soit encore dans le Bassin belge.

La *faune d'Ormoy* n'est que la faune de Pierrefitte, sans apport nouveau, légèrement évoluée, appauvrie et beaucoup moins nettement marine. En outre de considérations stratigraphiques sur lesquelles nous reviendrons, cette faune a cependant des caractères légèrement transgressifs, ne serait-ce que par l'abondance d'*Ostrea cyathula*.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des mers paléozoïques en Asturies (Espagne).* Note de M. G. **Delépine**, transmise par M. Ch. Barrois.

Au cours de nouvelles recherches dans les Asturies, j'ai pu faire les observations suivantes ([1]) :

I. *Extension de l'horizon à Neofusulinella Bocki* Möller. J'ai relaté dans une Note antérieure la découverte de cet horizon à Rivadesella ([2]). Je l'ai retrouvé sur la route d'Arriondas au Fito en deux points, où la partie supérieure du calcaire des cañons est ramenée par des plis isoclinaux qui longent à l'est le massif du Sueve : le premier point est situé à l'endroit où se détache le chemin vers Bodes; le second est un peu en aval de Cofiño; *Chaetetes radians* Fisch y forme un récif sous le niveau à fusulines.

Dans la vallée de Cabrales le calcaire avec *Neofusulinella Bocki* M. existe au sud d'Arenas, sur la route de Camarmeña. Je l'ai retrouvé à l'ouest d'Arenas, le long de la route vers Cangas, au point où un chemin monte vers Puertas. Cet horizon se trouve là, comme à Rivadesella, à quelques dizaines de mètres sous les formations schisto-gréseuses, avec calcaire argileux riche en brachiopodes, du Houiller de Cabrales.

On peut donc utiliser cet horizon à *Neofusulinella Bocki* comme repère stratigraphique dans tout le Carbonifère des Asturies.

II. *Nouveau gisement à Bilobites dans les grès Siluriens.* — Au nord d'Arenas, la route vers Arangas traverse la série entière du Carbonifère : calcaire blanc massif, calcaire noir dolomitisé, griottes, ceux-ci reposant sur un massif plissé fait de grès blancs et de schistes verdâtres. Ces grès m'ont fourni de nombreux spécimens de *Tigillites* et de *Bilobites* identiques à *Cruziana rugosa* d'Orb. du grès armoricain. Ces mêmes organismes ainsi que des Scolithes et des Lingules ont été découverts à l'ouest de Colombres dans les grès qui forment le soubassement du Carbonifère ([3]). A Tornin, des grès semblables renferment *Scolithus linearis* Hall ([4]). Par l'abondance de ces traces, comme par leurs caractères lithologiques, ces grès sont iden-

([1]) Mes recherches ont pu être continuées en Asturies grâce à une subvention de l'Académie des Sciences sur le fonds Loutreuil (1931).

([2]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 502.

([3]) P. H. Sampelayo, *Discusion de algunos puntos de la Hoja geologica de Llanes*, Madrid, 1928, p. 10.

([4]) Barrois, *Mém. Soc. géol. du Nord*, 2, 1882, p. 548 et 531.

tiques à ceux de l'étage de Cabo Busto de Barrois et doivent être rattachés à l'Ordovicien, comme l'ont admis Cueto et Sampelayo. Au Sueve, sur ces mêmes grés reposent les schistes d'Angers [1].

Ces grès forment l'ossature du Plateau côtier et des grands Massifs compris entre la vallée du Deva à l'est et celle du haut Nalon à l'ouest. Dans cette région on voit partout les griottes du Carbonifère reposer sur eux. En quelques points (au nord de Covadonga par exemple), on observe une certaine discordance entre les griottes et les grès ordoviciens.

III. *Extension du Dévonien.* — Un peu à l'est d'Oviedo, les formations du Dévonien s'intercalent entre l'Ordovicien et le Carbonifère, dans les vallées du Nalon, de la Truvia et de la Narcea. La découverte d'une faune givétienne à *Stringocephalus Burtini* Defr. dans la partie inférieure du Calcaire de Candas, montre que les grès à *Gosseletia* sont d'âge eifélien. Au Naranco et à Truvia, le Carbonifère repose directement sur ces grès eiféliens.

Conclusions. — Ces faits précisent en quelques points nos connaissances sur l'extension des mers paléozoïques dans les Asturies :

La région des Massifs élevés couvrant le centre et l'est de ce pays (Picos, Sueve, Peña mayor) a été émergée pendant le Dévonien et le commencement du Carbonifère.

La transgression du Dévonien n'a atteint que la partie ouest des Asturies. La mer dévonienne fut peu profonde : le caractère récifal des calcaires, la prédominance de sédiments arénacés au Dévonien moyen en sont des preuves [2]. Au Dévonien supérieur la mer s'est retirée. Seulement à la fin du Viséen une transgression nouvelle a couvert cette fois toute l'étendue des Asturies.

GÉOLOGIE. — *Essai de classification du Miocène supérieur et du Pliocène inférieur de Roumanie. La Transylvanie et le Banat.* Note de Mlle **S. Gillet**, présentée par M. Ch. Jacob.

D'après mes excursions dans les diverses provinces de Roumanie et l'étude des collections locales, j'essaierai de classer le Miocène supérieur et le Pliocène inférieur, compte tenu des travaux parus ces dernières années.

Nous savons qu'au Volhynien (Sarmatique inférieur) s'est isolé en Europe

(1) Sampelayo, *op. cit.*, p. 11.
(2) Barrois, *op. cit.*, p. 478.

orientale, aux dépens du bassin méditerranéen, un bassin saumâtre, le bassin sarmatique, qui s'étendait de Vienne jusqu'au Turkestan. Une faune uniforme peuplait cet immense lac-mer qu'on a pu diviser, à l'époque suivante, en bassin pannonique, bassin occidental et oriental de la mer Noire ou bassin dacique et euxin et en bassin caspique. D'après Andrusow et Laskarew, ces derniers communiquaient entre eux par des chenaux dont l'ouverture ou la fermeture ont influencé toute l'histoire de la faune.

La Transylvanie et le Banat font nettement partie du bassin pannonique, qui englobe aussi l'Autriche et la Hongrie actuelles, la Croatie, la Slavonie, la Bosnie et la Serbie occidentale.

En Transylvanie, le Volhynien affleure sur tout le Nord de la dépression transylvaine ; dans le Banat, il affleure moins largement. Ses faciès sont très variés, avec, à l'Ouest, des calcaires, des argiles et des sables ; au Sud, des grès. La faune est très pauvre et monotone (*Tapes gregaria*, *Ervilia podolica*, *Modiola marginata*, *Buccinum baccatum*, *Trochus pictus*, *Cerithium pictum*, etc.).

A la fin de cette époque, par suite de mouvements des Carpathes, le bassin pannonique s'isole, d'après Laskarew, par la fermeture du détroit des Portes de Fer, et l'on constate, dans presque tout le bassin pannonique, une émersion suivie d'un ravinement. On peut voir en Transylvanie, à Lopoldea Romàna, près d'Aiud, recouvrant le Volhynien sablo-marneux plissé, des conglomérats et des sables à stratification régulière. Ils contiennent, à côté de fossiles volhyniens et méditerranéens fortement roulés des fossiles en place de types sarmatique et pontique mélangés.

Si l'on suppose que la lacune s'est produite à la base du Bessarabien ou Sarmatique moyen ([1]), on peut attribuer au Bessarabien supérieur ces conglomérats et sables de Lopoldea Romàna qui, dans la région de Sibiu (Hermannstadt), passent à des marnes plus ou moins sableuses. Les deux faciès contiennent une faune mixte : *Cerithium pictum*, *rubiginosum*, *Buccinum baccatum*, *Verneuilli*, *Trochus podolicus*, *Modiola volhynica*, *Cardium obsoletum* avec *Melania impressa*, *martiniana*, *Bouei*, *Congeria Partschi* et *triangularis*. Ce sont les *Zwischenschichten* de la région de Vienne qui se retrouvent dans presque tout le bassin pannonique ([2]). Je n'ai pas rencontré, en Transylvanie, les marnes blanches dénommées par Gorja-

([1]) Les auteurs autrichiens admettent une lacune pour tout le sommet du Sarmatique. Laskarew n'en admet pas.

([2]) Elles n'ont pas été signalées dans le Banat.

novici-Kramberger marnes prépontiques et citées par Koch en cette région. Elles existent en plusieurs points de Croatie et à Belgrade, sur les bords de la Save, avec des espèces d'eau douce et des *Limnocardium* de type volhynien. C'est un faciès latéral des *Zwischenschichten*.

Le niveau suivant, qu'on peut homologuer au Sarmatique supérieur ou Chersonien, comprend, en Transylvanie, une nouvelle série de sables et conglomérats à faune entièrement pontique (*Congeria Partschi*, *ornithopsis*, *Czjeki*, *Melania vindobonensis*, *martiniana*, *impressa*), espèces qu'on trouve à la même époque dans la région de Vienne.

Dans le Banat, la même époque fournit des dépôts d'argiles brun chocolat à *Congeria Czsimondyi* (espèce croate), dont la faune a été décrite par Halavats à Langenfeld (actuellement Campulung) et à Csukics [1]. Au-dessus, des sables jaunâtres à *Congeria Partschi*, *Czsigmondyi*, *Czjeki*, offrent une faune, très voisine de la précédente, décrite par Halavats de Nikolinc [2] avec, outre les espèces classiques du bassin pannonique, des Limnocardiidés descendants de formes volhyniennes.

Le Méotique doit être représenté, en Transylvanie, par les marnes à *Limnocardium Lenzi* et *Congeria banatica*, bien développées dans la région Medias, Blaj, Teius, Aiud. La faune, spéciale à la région, est liée au faciès. Ces marnes contiennent des intercalations sableuses à *Melanopsis*, semblables à celles de l'époque précédente (conglomérat de *Copsa Mica*).

Dans le Banat, des sables jaunes, très fossilifères dans la localité classique de Radmanest près de Lugos, contiennent *Congeria Partschi*, *Czygmondyi*, *triangularis* etc. et des espèces croates et hongroises. Ce niveau correspond aux couches à *Congeria subglobosa* et *spathulata* de la région de Vienne et de la Serbie occidentale.

Le lac-mer était comblé au Pontien s. str. en Transylvanie, comme dans la région viennoise. Dans le Banat, le Pontien est représenté par des sables jaunes avec des *Budmannia* (*B. Semseyi*) et d'autres gros Cardiidés (*Limnocardium Schmidti*) identiques à ceux de Croatie. Ils contiennent en outre *Congeria rhomboidea*, espèce commune à tout le bassin pannonique et *C. ungulacapræ*, espèce hongroise. Les gisements de Kustély (actuellement en Yougo-Slavie) et Tirol (autrefois Kiralikegie ou Kœnigsgnad) ont été décrits par Halavats. Le deuxième fournirait encore une faune abondante s'il était de nouveau exploité.

---

(1) Les gisements sont actuellement disparus.

(2) J'ai recueilli des fossiles en abondance dans le village même.

A l'époque suivante ou Dacien, on n'a plus que des sables et galets fluviatiles ([1]). Cependant, dans le bassin de Brasov (Kronstadt) où le méotique est représenté par des dépôts à lignite, le Dacien présente deux faciès latéraux, d'après Jekelius : Les marnes à *Limnocardium Fuchsi* (espèce locale) et les sables à *Dreissencia Munsteri* et petits Prosodacnes, espèces locales accompagnées de nombreuses Vivipares ([2]).

GÉOLOGIE. — *Les subdivisions de la nappe de l'Ubaye dans le massif du Morgon (Alpes françaises).* Note de M. **D. Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le massif du Morgon domine au Sud-Ouest la vallée de l'Ubaye et au Nord la large dépression de la Durance. La continuité des affleurements des terrains secondaires et l'amplitude des empilements d'écailles ont fait considérer cette montagne comme la clef de la connaissance stratigraphique et tectonique de la nappe de l'Ubaye. E. Haug a proposé en 1912 une synthèse tectonique et stratigraphique de cet ensemble, en tenant grand compte de l'ordre de superposition des écailles. Par cette méthode, il a été amené à définir cinq nappes superposées, qu'il considère en 1925 plutôt comme des digitations d'une même nappe.

Mes observations détaillées dans le massif du Morgon m'ont obligé à modifier le schéma de E. Haug. Je distingue dans la nappe de l'Ubaye les unités suivantes en allant des plus externes aux plus internes :

I. *Les écailles parautochtones.* — La lame de Tithonique et de Berriasien du Fort Saint-Vincent a déjà été décrite par Haug et Kilian comme un « copeau » de terrains à faciès dauphinois arrachés par la nappe à son substratum autochtone. Le coussinet de Flysch calcaire qui supporte la nappe au-dessus de la ferme de Roche Rousse doit sans doute avoir la même position tectonique. L'écaille, qui se trouve pincée entre le Trias de la nappe et les *terres noires* dans l'escarpement rocheux qui domine à l'Est le village de Saint-Sauveur, comprend à la base des calcaires du Sénonien en petits bancs de teinte claire, surmontés par des microbrèches et des cal-

([1]) Ces derniers auraient fourni des petits Prosodacnes dans la région de Zalau, d'après des renseignements oraux de M. Mateescu.

([2]) Les deux faciès ont fourni *Mastodon Borsoni* et *arvernensis*.

caires à petites Nummulites du Bartonien. Ce sont là des faciès décrits par Mme Y. Gubler dans le substratum autochtone au Sud de l'Ubaye.

II. *Le faisceau d'écailles du Morgon.* — Par des comparaisons entre les coupes stratigraphiques des nombreuses écailles qui constituent le massif du Morgon, je suis arrivé à la certitude qu'il s'agit du reploiement en cascades d'une seule lame de terrains secondaires, dont les écailles actuellement observables ne sont que les têtes de plis pincées dans le Flysch et des lambeaux entraînés dans ce dernier lors de la progression de la nappe ou isolés par l'érosion. Les caractères stratigraphiques de ce faisceau d'écailles seront indiqués dans une Note ultérieure. Comme l'ont fait remarquer Haug et Kilian, on y observe des faciès de passages avec la série autochtone du ravin de Terres-pleines près de Jausiers.

Au Sud de l'Ubaye, les écailles de la « zone externe », minutieusement étudiées par Mme Y. Gubler, sont certainement la prolongation de celles du Morgon. Le fait que le Lias ne s'y présente qu'à l'état sporadique s'explique à mon sens par un décollement de ces séries mésozoïques au niveau des brèches bathoniennes. La série de Morgon a été arrachée par contre à la base des gypses et cargneules triasiques. A part cette différence, les autres terrains montrent de part et d'autre de la vallée de l'Ubaye une concordance remarquable.

III. *Le pli couché du Caire, les Séolanes et le Chapeau de Gendarme.* — Cette unité groupe, au Sud de l'Ubaye, les masses imposantes des Séolanes et du Chapeau de Gendarme. Elle se prolonge dans le pli couché du Caire, magnifiquement dessiné au-dessus de Chaudon. Le Trias comprend, comme dans les écailles précédentes, des argilolites rouges. Au-dessus du Rhétien vient le Lias à Gryphées surmonté par un complexe de brèches et de microbrèches qui envahit le Lias et le Jurassique moyen aussi bien dans le cœur du pli du Caire que dans le Chapeau de Gendarme. Comme l'ont reconnu Haug et Kilian, c'est le Tithonique coralligène qui est le faciès caractéristique de la série. Cette zone correspond à la Nappe II de Haug, à l'exclusion de la lame de terrains secondaires qui se suit du Bois de Morgon jusqu'à Saint-Sauveur et que je place dans l'unité suivante. Ainsi définie, la présente zone correspond à un seuil de sédimentation ou cordillère, qui a séparé l'aire des faciès externes de celle des faciès briançonnais proprement dits.

IV. *L'Escouréous et les cicatrices qui s'y rattachent.* — La cicatrice de Jausiers se suit vers l'Ouest jusqu'à l'Escouréous. Les calcaires qui constituent cette cime ne sont pas posés sur le Flysch à Helminthoïdes comme

l'indique la carte géologique de Gap, mais ils supportent ce dernier à l'Est, et reposent sur le Flysch calcaire et le Flysch noir des unités précédentes. Vers le Nord cette écaille se prolonge par une ligne presque continue d'écailles qui se suivent horizontalement à la base du Flysch à Helminthoïdes, en contournant les vallons des Orres, pour aboutir à la Plâtrière au-dessus de Saint-Sauveur. Au Sud de la Fenêtre à Barcelonnette les écailles du Queyroun et de Ventebrun appartiennent à cette unité. L'apparition sur une grande épaisseur des calcaires à Diplopores, ainsi que la disparition progressive des schistes rouges du Trias, marquent que l'on a ici une série stratigraphique d'affinité briançonnaise. En se rapprochant de la région d'enracinement aux environs de Jausiers ou dans le cirque de Restefond à Roche Chevalière, le Permien à faciès *verrucano* et les quartzites du Trias viennent s'intercaler à la base de la série. Le Lias est très réduit, souvent même absent comme dans le Briançonnais septentrional. Le Bathonien présente un faciès oolithique à Rhynchonelles. Les marno-calcaires à *Cancellophycus*, le Jurassique supérieur marmoréen rose, le Crétacé inférieur à *Aptychus* s'y observent également.

Il est probable que les grandes masses charriées du Pic de Chabrières appartiennent aux portions frontales de cette unité. Celle-ci est sans doute la seule de la nappe de l'Ubaye dont il faille chercher la racine dans la région de Larche. Dans une publication plus étendue je chercherai à préciser les relations qui existent entre les faciès de la nappe de l'Ubaye et ceux des zones de l'Embrunais ou du Briançonnais.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la place des Trionyx dans la classification des Chéloniens.* Note de M. **F.-M. Bergounioux**, présentée par M. Ch. Jacob.

La plupart des auteurs, qui durant ces dernières années se sont occcupés de la classification des Chéloniens semblent ne pas avoir attaché une importance suffisante à tout un groupe de tortues paludines, nettement caractérisées par l'absence de tout revêtement dermique de nature cornée et chez lesquelles ce revêtement est remplacé par une peau coriace et plissée, dont l'empreinte laisse sur l'armure osseuse des fossiles des vermiculations profondes et très typiques. Il est vrai de dire que ces tortues, correspondant à la famille des Trionychidés, forment de nos jours un groupe peu nombreux, qui, dans le catalogue de Boulenger [1], ne

[1] Boulenger, *Catalogue of the Chelonians, Rhyncocephales and Crocodiles in the British Museum.* London, 1889.

comprend que 6 genres et 25 espèces. Par contre, dans une étude récente, Hummel [1], révisant la famille, met en évidence l'importance des Trionychidés au cours des temps géologiques.

Pour s'en tenir aux formes ayant fait l'objet d'une détermination spécifique, on ne compte pas moins de 138 espèces de Trionyx, se répartissant dès le Crétacé supérieur dans les formations nord-américaines et passant en Europe à l'Éocène. Encore convient-il d'ajouter à cette nomenclature un grand nombre de formes françaises dont l'étude est en cours.

Pour le seul Bassin d'Aquitaine, la plupart des grands gisements tertiaires renferment des restes de Trionyx et j'ai décrit déjà le genre *Allæochelys* du Bartonien du Castrais [2], qui présente des caractères importants au point de vue de la systématique. Ceux-ci permettent d'infirmer l'opinion de Baur quant à l'origine du groupe. Baur pensait que les Trionyx proviennent d'ancêtres possédant une bordure marginale bien développée et s'atrophiant de plus en plus. J'ai montré antérieurement que chez *Allæochelys* on assistait au contraire au développement de la bande marginale, qui se retrouve complète dans la famille des Carettochelydés, placée à tort parmi les Pleurodires et qui par l'ensemble de ces caractères se rattache incontestablement aux Trionyx. On se trouve donc en présence d'un groupe nettement différencié par sa morphologie, son genre de vie et sa très grande extension géographique, puisque depuis le Crétacé supérieur on le rencontre à peu près sur tous les points du globe : Amérique, îles de la Sonde, Inde, Europe et Afrique.

Comme, d'autre part, les Trionyx se séparent à la fois des Cryptodires et des Pleurodires, il semble légitime de leur attribuer une place spéciale dans la classification des Chéloniens técophores et de les mettre en opposition avec toutes les autres formes possédant un revêtement dermique corné. C'est ainsi qu'un certain nombre de genres, tels qu'*Anostira* Leydy, *Trachyaspis* v. Meyer, devront, du fait de leurs écussons cornés, désormais ne plus faire partie des Trionychidés, tandis que d'autres, tels que *Pseudotrionyx* Dollo, *Gastresia* de Stefano [3], devront leur être rattachés.

Le nom de *Gymnodermes* proposé pour les Trionichydés et celui de *Lépidodermes* donné aux autres groupes de Técophores semblent bien marquer cette opposition.

---

(1) K. Hummel, *Die fossilen Weichschidkröten* (Trionychia) (*Geol. u. Palaeont. Abhandl.*, 16, Iéna, 1929).

(2) *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, 61, 1931, p. 161-182.

(3) F.-M. Bergounioux, *C. R. Soc. géol. Fr.*, fasc. 13, 1932, p. 184-185.

Dès lors la classification générale des Chéloniens se présente d'une façon simple et parfaitement dichotome, suivant le petit tableau ci-après :

- *Athèques* (squelette absolument indépendant de la carapace).
- *Técophores* (squelette faisant partie de la carapace).
  - *Gymnodermes* (pas de revêtement corné).
  - *Lépidodermes* (revêtement corné).
    - *Cryptodires* (cou rétractile par courbure sigmoïdale de la région cervicale; bassin relié à la carapace par une suture ligamentaire).
    - *Pleurodires* (cou non rétractile; bassin relié à la carapace par une suture osseuse).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur l'anomalie magnétique au sommet du Puy de Dôme.* Note [1] de M. **J. Coulomb**, présentée par M. Ch. Maurain.

L'anomalie magnétique de plus fort gradient qu'on ait étudiée en France est celle du Puy de Dôme. Brunhes et David l'on explorée en 1902 [2]. Nous avons repris son étude et, dans l'ensemble, retrouvé l'énorme anomalie : au voisinage du sommet, la déclinaison varie régulièrement de 6° sur 150^m, l'intensité horizontale de 1/40 gauss sur 260^m. Quant à l'inclinaison et à la composante verticale, leurs variations sont rendues tout à fait irrégulières par les moindres accidents du terrain magnétique.

On peut, avec Brunhes, décomposer le champ horizontal en un champ normal uniforme et en un champ perturbateur radial, centripète, fonction croissante de la distance au sommet.

Inversement une telle distribution, qui doit se retrouver sur tout dôme magnétique, explique bien les aspects les plus frappants des diverses lignes isomagnétiques (symétries approximatives, concavité vers le sommet en son voisinage). Le champ normal peut être considéré comme la somme du champ absolument normal obtenu par extrapolation du réseau français, et

---

(1) Séance du 19 décembre 1932.

(2) Voir surtout *Journ. de Physique*, 4e série, 2, mars 1903, p. 202-205.

d'un champ d'environ 0,008 gauss dirigé vers l'Ouest pouvant provenir des terrains magnétiques voisins.

Brunhes rendait compte de l'anomalie par le magnétisme rémanent de la domite ([1]), contrairement à la théorie généralement appliquée du magnétisme induit. Sa démonstration avait fait quelque impression ([2]). A vrai dire nous n'avons pas retrouvé les remarquables coïncidences qu'il enregistrait. Il semble nécessaire d'admettre une aimantation moyenne de la montagne supérieure à celle des échantillons superficiels. Cependant il est difficile d'y voir un effet d'aimantation induite : quelques déterminations qu'a bien voulu nous communiquer M. G. Grenet montrent que celle-ci est dix fois plus faible que l'aimantation rémanente dans les échantillons les plus favorables.

Par ailleurs, le champ perturbateur a varié depuis 30 ans. Mais cette variation se répartit curieusement au voisinage du sommet. Nulle à l'Ouest et faible au voisinage, elle est, dans les autres directions, positive près du sommet, devenant très vite négative et très grande lorsqu'on s'en éloigne. En certains points le champ perturbateur a diminué de moitié. La variation avec la distance est de forme analogue en 1902 et 1932 ; les courbes représentatives paraissent seulement déplacées dans leur plan. Nous ne pouvons encore donner d'interprétation correcte de ces derniers résultats.

Les cartes, tableaux et démonstrations seront publiés dans un autre Recueil.

OCÉANOGRAPHIE. — *Recherches sur les phénomènes sous-marins de la baie de Villefranche-sur-Mer.* Note ([3]) de M. **Idrac**, présentée par M. J.-B. Charcot.

Parmi les phénomènes sous-marins dignes d'intérêt que présente la Méditerranée, la rencontre périodique d'animaux pélasgiques dans la rade de Villefranche-sur-Mer est un des plus curieux. Un laboratoire a été installé dans ce but depuis de nombreuses années, mais l'étude des courants et l'océanographie physique de cette baie sont encore à faire. C'est pourquoi nous en avons entrepris l'étude.

([1]) *Journal de Physique*, 4e série, 5, 1906, p. 721.
([2]) Voir par exemple J. G. Koenigsberger, *Terrestrial Magnetism*, 35, III, 1930, p. 45.
([3]) Séance du 19 décembre 1932.

Dans ce but, nous avons employé le thermomètre enregistreur sous-marin décrit dans une Note du 28 décembre 1931, qui permet l'étude des mouvements verticaux lents des couches sous-marines : l'expérience montre, en effet, que des couches d'eau superposées de densité décroissante ne se mélangent qu'au bout d'un temps excessivement long. Prenons un cas concret : celui de couches d'eau de mer dont la température décroît de 1° par 50^m de profondeur. Si une perturbation se produit, le point primitivement sur la droite CD sera reporté de A en A', et la température de A, qui était primitivement de 15° par exemple, sera, si $AA' = 3^m$, de

$$15^\circ - 1^\circ \times \frac{AA'}{A'A''} = 15^\circ - 1^\circ \times \frac{3}{50} = 15^\circ - 0^\circ,06.$$

Une augmentation de hauteur de 3^m se traduira donc par une diminution de température de 0°,06 au point fixe. Un thermomètre enregistreur très sensible doit donc permettre de relever les variations instantanées de niveau sous-marin, à condition d'y adjoindre des relevés pris de temps à autre de la répartition verticale des températures.

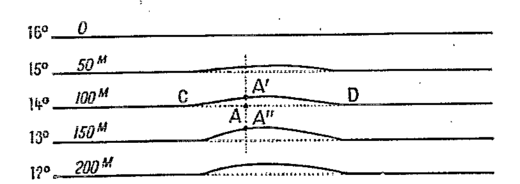
En plus, nous avons utilisé un appareil enregistreur de courants sous-marins, analogue à celui décrit dans la Note du 16 avril 1928, mais doué d'une sensibilité beaucoup plus grande pour les courants faibles.

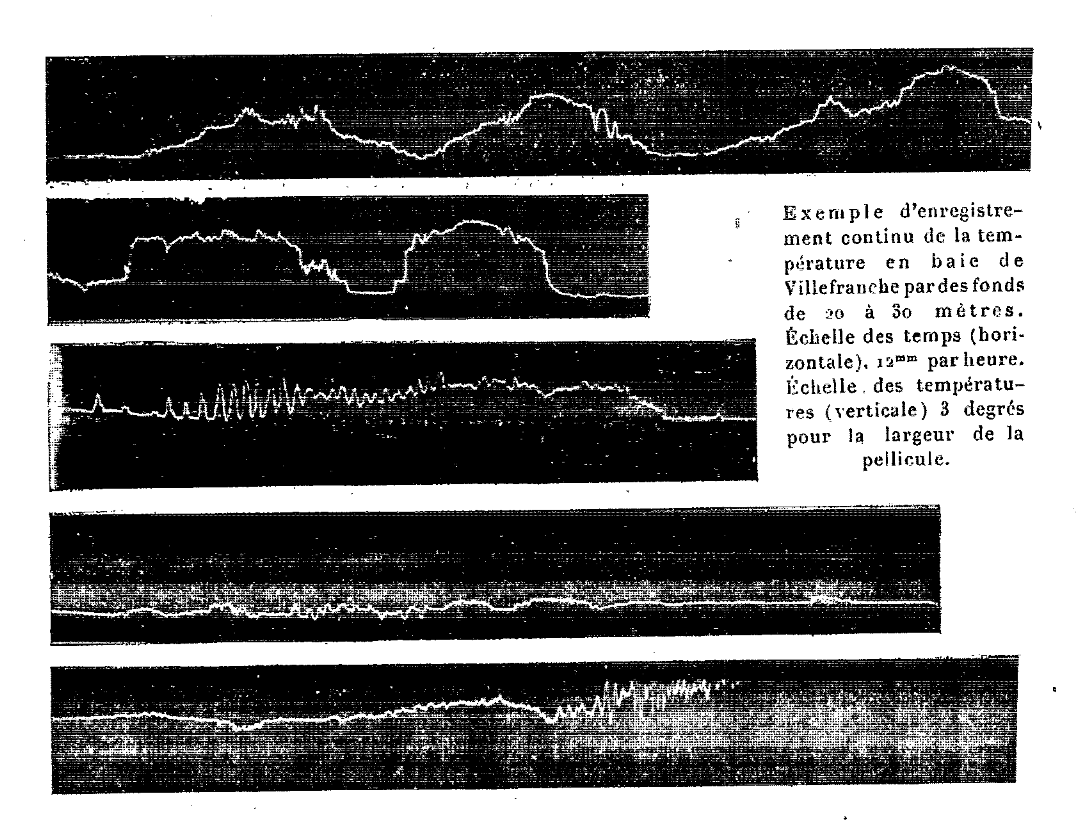
Les appareils ont été disposés en divers points de la baie de Villefranche, amarrés à des barques ancrées par des fonds variables. Les travaux, commencés il y a un an avec l'aide du laboratoire zoologique russe, ont fait entre autres l'objet d'une étude continue du 30 août au 20 septembre 1932.

Nous donnons ci-après quelques extraits des courbes obtenues à des profondeurs de 20 à 30^m. On voit combien diverses sont les variations de température. Elles sont l'objet d'oscillations plus ou moins irrégulières, avec des périodes variables de l'ordre de plusieurs heures, parfois en harmonie avec les marées, comme dans le cas de ces marées sous-marines découvertes par Peterson dans les fjords de Norvège et la mer Baltique. Mais le fait le plus curieux est l'existence d'oscillations de courte durée (d'une période de 3 à 10 minutes), qui prennent le saisissant aspect de vagues et dont la cause paraît, pour l'instant, tout à fait mystérieuse : elles ne sont, en effet, nullement en rapport avec l'agitation superficielle de la mer. Ainsi, les ondes du 5e fragment reproduit (malheureusement incomplètement enregistrées, se trouvant sur le bord de la pellicule) se sont produites par temps rigoureusement calme, etc.

La répartition verticale des températures permet de déterminer la hau-

teur de ces ondes : on trouve ainsi que les oscillations de grande durée ont des amplitudes variant de 2 à 8^{m}, et les plus rapides, de quelques décimètres à 3^{m}. Leur longueur d'onde et leur vitesse de propagation, non encore déterminées, feront l'objet d'une prochaine étude.





Exemple d'enregistrement continu de la température en baie de Villefranche par des fonds de 20 à 30 mètres. Échelle des temps (horizontale), 12^{mm} par heure. Échelle des températures (verticale) 3 degrés pour la largeur de la pellicule.

Les courants horizontaux sous-marins se sont montrés faibles pendant cette période et n'ont guère dépassé 10^{cm} par seconde. Néanmoins, une période en concordance avec les marées ou leurs multiples paraît pouvoir se dégager malgré de grosses irrégularités dues à des phénomènes accessoires (vent, courants extérieurs, etc.). La marée superficielle est

d'ailleurs totalement incapable d'expliquer de semblables courants, alors que les variations de niveau respectif des couches sous-marines, beaucoup plus considérables, permet de les expliquer.

Ces alternatives d'arrivée et de retrait des couches d'eau de température différente semblent rappeler en petit les phénomènes de transgressions marines étudiées par M. Le Danois et leur répercussion dans les mers fermées.

Ceci montre l'importance des mouvements sous-marins. Leur étude suivie paraît d'un grand intérêt pour la compréhension de la « dynamique des mers », encore très incomplètement connue.

BOTANIQUE. — *Cyanophycées vivant dans le thalle des* Codium. Note de M. **Pierre Frémy**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

M. Vouk ([1]) a signalé la présence de Cyanophycées dans le thalle des *Codium*. Les recherches que, depuis plusieurs mois, je poursuis sur cette question, en utilisant du matériel récolté à Banyuls par M. J. Feldmann, ont donné les résultats suivants :

1° Dans le thalle de *Codium difforme* Kütz, entre les filaments, vivent quatre Cyanophycées de couleur rose-pêche : *Hydrocoleum coccineum* Gom., *Microcoleus Wuitneri* Frémy, n. sp., *Microcoleus codii* Frémy, n. sp., *Brachytrichia balani* Born. et Flah. fa. *purpurea* Frémy, n. fa. — *Hydrocoleum coccineum* avait été déjà trouvé par Thuret, à Antibes, dans des thalles de *Codium*. — *Microcoleus Wuitneri* présente les caractères suivants : filaments formés ordinairement d'un grand nombre de trichomes; trichomes épais de 1,2 μ, non atténués vers leur sommet; articles 3 à 5 fois plus longs que larges, non rétrécis aux articulations; cellule apicale à membrane supérieure arrondie, sans épaississement dépourvue de coiffe. — *Microcoleus codii* est très différent, ses filaments sont constitués par un petit nombre (4-8) de trichomes; ceux-ci, épais en moyenne de 4 μ ne sont pas atténués vers leurs extrémités; leurs articles, non rétrécis aux articulations, sont subcarrés ou jusqu'à deux fois moins longs que larges; leur cellule apicale, dépourvue de coiffe, est en forme de cône obtus. Chez ces deux espèces, ordinairement les gaines sont entièrement diffluentes. — Bornet et Flahault avaient déjà vu *Brachytrichia balani* dans des frondes de *Codium*, mais ils n'avaient pas

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 491.

signalé la teinte pourprée que j'ai observée non seulement sur les échantillons de Banyuls, mais aussi sur des échantillons vivant à Saint-Malo, dans le *Codium tomentosum*, que M. G. Hamel m'avait envoyés il y a quelques années. Ces *Brachytrichia* rouges que je désigne sous le nom de fa. *purpurea* ne diffèrent d'ailleurs du type que par leur couleur. Des fragments de leurs rameaux, dépourvus de poil et portant à leur base un hétérocyste, pourraient être facilement confondus avec des *Microchæte*.

2° Je n'ai jusqu'ici trouvé que deux Cyanophycées vivant dans le thalle de *Codium bursa* (L.) Ag. : *Hydrocoleum coccineum* et *Microcoleus Vouki* Frémy, n. sp. Cette dernière a la même teinte et le même aspect général que *M. Wuitneri;* cependant, elle en diffère très nettement par ses trichomes plus gros (1,6-1$^{\mu}$,8 au lieu de 1$^{\mu}$,2), longuement atténués vers leurs extrémités, et surtout par ses cellules apicales en forme de cône très aigu.

3° A part *Brachytrichia balani* fa. *purpurea* ci-dessus mentionné, je n'ai pas encore observé de Cyanophycées véritablement endophytes de *Codium tomentosum* (Huds.) Stackh. Celles que j'ai vues dans les thalles de cette algue [*Oscillatoria nigro-viridis* Thw., *Lyngbya confervoides* C. Ag., *Lyngbya lutea* Gom. (formes à trichomes d'épaisseur variant entre 3-6$^{\mu}$, parfois vaguement rougeâtres, à gaines plus ou moins épaisses), *Calothrix crustacea* Thur., fragments de trichomes ou plantes mal évoluées semblant appartenir aux g. *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Anabæna*] paraissaient ne s'y trouver qu'accidentellement. Mais, dans la région corticale, sur les filaments, vivaient un petit nombre d'individus de deux *Lyngbya* rouges : *L.* (*Leibleinia*) *gracilis* Rab., *L.* (*Leibleinia*) *Agardhii* Gom., qu'on retrouve sur nombre d'autres algues marines; et, au sommet des utricules, était fixé un autre *Lyngbya*, d'un vert érugineux pâle : *Lyngbya infixa* Frémy n. sp. qu'on peut définir sommairement comme il suit : Filaments fixés par leur base, épais de 2-2$^{\mu}$,8; gaines très minces, incolores, difficilement visibles; articles ordinairement moins longs que larges, longs de 1-2$^{\mu}$, cloisons bien visibles, non granuleuses; cellule apicale à membrane supérieure arrondie, sans coiffe. Cette espèce vit aussi sur *Udotea petiolata* (Turra) Bœrg. et sur les filaments de *Lyngbya sordida* Gom.

En résumé, à la suite de mes recherches, il est actuellement établi que cinq Cyanophycées au moins (*Microcoleus Wuitneri*, *M. codii*, *M. Vouki*, *Hydrocoleum coccineum*, *Brachytrichia balani* fa. *purpurea*) peuvent vivre librement à l'intérieur des thalles de différents *Codium*, et que trois autres (*Lyngbya gracilis*, *L. Agardhii*, *L. infixa*) sont plus ou moins étroitement fixées sur leurs filaments corticaux.

BOTANIQUE. — *Sur les premiers cloisonnements du zygote des Fougères leptosporangiées.* Note de M. **A. Vladesco**, présentée par M. Molliard.

A la suite des recherches de Hofmeister, Hanstein et Kienitz-Gerloff on admet que les premières divisions de l'œuf des Fougères leptosporangiées présentent une grande régularité et qu'il y a une relation obligatoire entre ces cloisonnements et la séparation des organes végétatifs. Une première paroi, perpendiculaire à la direction longitudinale du prothalle, ou légèrement inclinée, partage l'œuf en un hémisphère antérieur et un postérieur. La deuxième paroi sépare dans chaque hémisphère un quadrant supérieur et un inférieur, attribués respectivement à la tige et à la première feuille dans l'hémisphère antérieur, au pied et à la première racine dans l'hémisphère postérieur. Ensuite par une troisième paroi perpendiculaire aux deux premières l'œuf est partagé en octants.

Kny, Vouk et Leitgeb ont observé (respectivement chez *Ceratopteris thalictroïdes*, *Asplenium Shepherdi*, et *Marsilia quadrifolia*) que dans certains cas il peut y avoir inversion dans l'ordre d'apparition des parois quadrante et octante. Deux cas analogues ont été cités accidentellement par Shaw (1898) chez *Onoclea sensibilis* et par Rogers L. (1926) chez *Lygodium palmatum*. Mais ces observations, qui ne s'accordaient pas avec les interprétations données, ont été généralement regardées comme des anomalies, car les traités classiques pour la plupart n'en font pas mention ou considèrent la succession des premières parois comme restant à préciser.

Récemment P. Becquerel (1) observe que dans des germinations d'*Aspidium Filix-mas* obtenues en solution minérale « l'embryon, après un certain nombre de bipartitions de l'œuf, ne se partage pas en quatre quartiers cellulaires » produisant respectivement la tige, la feuille, le pied et la racine; mais l'auteur ne donne aucune indication sur les premiers cloisonnements.

L'étude embryogénique de différentes espèces de Fougères nous permet de préciser la manière dont ces premiers cloisonnements s'effectuent chez *Aspidium Filix-mas*, *Gymnogramme sulphurea*, *Lygodium japonicum* et *Aneimia Phyllitidis*. Les prothalles portant des archégones fécondés depuis

(1) Paul Becquerel, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1265.

peu de temps ont été fixés aux liquides de Bouin ou de Regaud, puis inclus dans la paraffine et sectionnés suivant des orientations bien définies. Chez toutes ces espèces, développées, soit sur terre de bruyère stérilisée, soit en solution de Knop, le zygote subit une première division par une paroi perpendiculaire à la direction de croissance du prothalle, ou légèrement inclinée vers l'apex de celui-ci du côté du col de l'archégone. C'est la paroi basale séparant une cellule antérieure ou épibasale et une postérieure ou hypobasale. Elles peuvent apparaître comme deux hémisphères, mais le plus souvent la cellule hypobasale est plus grande. Cette première paroi se montre donc comme dans tous les cas décrits jusqu'à présent, mais il n'en est pas de même des deux suivantes. Nous avons observé en effet que chez *Gymnogramme sulphurea* et *Lygodium japonicum la paroi médiane dite octante, précède toujours la paroi transverse, dite quadrante*. Il en résulte dans chaque hémisphère deux quadrants juxtaposés dans le plan du prothalle au lieu de deux quadrants superposés. Si l'on admettait la signification généralement attribuée aux quadrants, chacun de ceux-ci, au lieu de correspondre à la totalité d'un seul organe, représenterait la moitié de deux organes différents. D'autre part, chez *Aneimia Phyllitidis*, dont quatre embryons seulement se trouvaient au stade quadricellulaire, *l'hémisphère épibasal se divise par une paroi médiane, tandis que l'hémisphère hypobasal prend une cloison transverse*. Le cas de l'*Aspidium Filixmas* est encore plus intéressant, cette espèce ayant servi aux recherches de Hofmeister. Dans cette Fougère comme dans les précédentes, l'apparition des premiers cloisonnements ne s'effectue pas suivant le schéma devenu classique. Dans presque tous les embryons de cette espèce que nous avons observés, la paroi médiane précède la paroi transverse dans les deux hémisphères, à l'exception d'un cas où cette succession est réalisée seulement dans la partie épibasale, l'hémisphère hypobasal se cloisonnant suivant l'ordre inverse. Dans deux autres embryons, l'hémisphère antérieur ne présente encore que la cloison médiane, tandis que les octants sont déjà formés dans l'hémisphère postérieur où il est, par conséquent, impossible de déterminer l'ordre de succession des cloisonnements.

En résumé, quoique nos observations portent sur un nombre élevé d'embryons, fixés aux stades envisagés ici, aucune des espèces étudiées ne nous a fourni un seul cas où les cloisons quadrante et octante se soient succédées conformément au schéma des anciens auteurs. Il en résulte que l'importance attribuée aux premiers cloisonnements dans le déterminisme embryonnaire des futurs membres de la plante n'est pas justifiée.

MYCOLOGIE. — *Quelques observations sur l'*Ustilago violacea (*Pers.*) *Fuckel.* Note de M[lle] **Dzung Tsin Wang**, présentée par P. A. Dangeard.

Ce champignon se développe sur un grand nombre de Caryophyllées. Nos observations exposées dans cette Note ont porté sur le parasite du *Dianthus monspessulanus* L. Des boutons floraux provenant de pieds malades de ce *Dianthus* ont été fixés au Bouin à divers stades de leur développement, et les préparations colorées à l'hématoxyline ferrique de Heidenhain.

Les hyphes mycéliennes se rencontrent un peu partout dans les différentes parties de la fleur, mais se développent plus abondamment dans les organes de reproduction. L'ovaire est castré de bonne heure et reste rudimentaire. Les anthères peuvent atteindre leur taille normale, mais les sacs polliniques sont finalement le siège de la sporulation du champignon.

Les filaments mycéliens sont beaucoup plus chromophiles que les cellules hospitalières et ils sont encore noirs quand la régression est juste au point pour ces dernières. Ils circulent soit dans les espaces intercellulaires, soit dans les cellules elles-mêmes. De place en place, il se forme des suçoirs renflés, claviformes ou globuleux, le plus souvent simples, rarement ramifiés. Ils entrent dans les cellules soit par simple pénétration, soit par invagination. Dans ce dernier cas, on peut voir une zone claire entre le champignon et le cytoplasme. La structure du mycélium ne peut être observée que dans les préparations très décolorées. Les cellules mycéliennes sont uni- ou plurinucléées sans régularité, et les suçoirs présentent un ou deux noyaux.

Les modifications qui se produisent dans les cellules hospitalières sont mieux observables dans les organes de reproduction, surtout dans les anthères. Les autres parties florales se développent normalement, le mycélium y étant peu abondant. Dans les cellules en train de s'altérer, le cytoplasme se contracte irrégulièrement, devient de plus en plus chromophile et l'on n'y trouve plus tard que des amas chromatiques qui finissent par disparaître. Dans les très jeunes anthères, le mycélium est peu abondant et localisé à la place des futurs sacs polliniques où la plupart des cellules de l'organe parasité sont en pleine activité, les mitoses se font normalement; quelques-unes seulement entrent en dégénérescence. Dans les sacs polliniques différenciés, beaucoup de cellules-mères sont atteintes par le parasite : leur contenu s'altère et finit par disparaître.

Les filaments mycéliens qui doivent sporuler se multiplient dans les

sacs polliniques, et leur membrane devient épaisse et gélatineuse. Il se forme plus tard un nombre de pelotons indéterminé dont les hyphes se cloisonnent de façon que chaque article renferme deux noyaux. Les articles ainsi formés s'arrondissent de plus en plus et les deux noyaux se fusionnent; en outre, leur membrane se double et s'orne d'un réseau à la maturité.

La germination des chlamydospores et les cultures ont été réalisées comme pour l'*Ustilago hordei* (¹). D'après nos observations, la première division du noyau double se fait toujours dans la chlamydospore avant ou après la production du promycélium. Généralement, l'un des deux noyaux-fils passe dans le promycélium avant d'effectuer la deuxième division, parfois les deux noyaux se divisent pour la deuxième fois dans la spore. La réduction chromatique qui a lieu au cours de la première division du noyau double, et les divisions nucléaires qui procèdent par mitose typique, se font de la même manière que chez l'*Ustilago hordei* (*loc. cit.*). Le nombre de chromosomes est aussi de deux pour les noyaux haploïdes de cette espèce.

Le promycélium qui se détache de bonne heure de la chlamydospore est généralement cloisonné en trois, rarement en quatre cellules uninucléées, produisant au sommet et près des cloisons des sporidies également uninucléées. Une chlamydospore peut donner naissance à plusieurs promycéliums en même temps ou successivement à mesure que les plus vieux se détachent. Les sporidies, qui se multiplient indéfiniment par bourgeonnement, n'ont pas donné de mycélium dans nos cultures où nous avons observé des anastomoses variables mais peu nombreuses, entre deux sporidies, entre deux cellules promycéliennes, ou entre une sporidie et une cellule promycélienne.

Nous avons vu que le mycélium dans la plante hospitalière n'est pas régulièrement constitué de cellules binucléées et que celles-ci ne se forment qu'au dernier stade de développement du champignon dans les sacs polliniques, immédiatement avant la sporulation. Il est donc évident que les anastomoses entre les cellules sporidiales ou promycéliennes sont de nature purement végétative et que le seul phénomène qui puisse représenter l'action sexuelle, c'est la fusion de deux noyaux dans les jeunes chlamydospores (²).

(¹) D.-T. Wang, *Observations cytologiques sur l'*Ustilago hordei (Pers.) Kell. et Sw. (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1041-1044).

(²) P.-A. Dangeard, *Recherches sur la reproduction sexuelle des champignons* (*Le Botaniste*, III, 1892, p. 221-281).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'azote, le soufre, le phosphore, le potassium des feuilles de* Prunus Laurocerasus *au moment de leur chute.* Note M. **E. Michel-Durand**, présentée par M. M. Molliard.

On sait que les feuilles, en automne, perdent avant leur chute une partie des principes minéraux et organiques qu'elles contenaient. L'azote et le phosphore disparus des feuilles ayant été retrouvés dans l'axe végétatif, la migration automnale de ces deux éléments devient un fait acquis pour les arbres à feuilles caduques.

L'état actuel de nos connaissances ne permet pas de généraliser ces résultats et de les étendre soit aux autres éléments minéraux des feuilles annuelles et, bien moins encore, aux feuilles persistantes.

Le but de ce travail est de fournir quelques renseignements sur la façon dont se comportent l'azote, le soufre, le phosphore, le potassium dans les feuilles persistantes du Laurier-cerise au moment de leur chute, en prenant comme terme de comparaison les feuilles de Châtaignier. J'ai utilisé comme constante de comparaison la demi-feuille, pour la minéralisation des tissus la méthode de destruction nitrique contrôlée (R. Échevin, *Rev. gén. Bot.*, 43, 1931). Un essai de séparation des différentes formes de soufre et de phosphore a été tenté.

Voici les résultats obtenus. Si l'on désigne par 5 les quantités absolues des substances considérées contenues : dans la feuille verte caduque au début de septembre, dans la feuille verte persistante au début de février, on retrouve dans les feuilles tombées :

	Substance sèche.	Soufre.	Potassium.	Azote.	Phosphore.
F. brunes de Châtaignier (¹)......	4	3,7	3	2,1	1
F. jaunes de Laurier-cerise (¹)....	4,3	5	3	2	4

Dans ce tableau, pour être complet, devraient figurer les différentes formes d'azote, de soufre, de phosphore telles qu'elles résultent de mes analyses et qui seront publiées ultérieurement. Pour être bref je me bornerai à signaler que, si l'on compare dans les tableaux d'analyse les formes sous lesquelles le soufre et le phosphore figurent, d'une part dans les

(¹) Il s'agit de feuilles de Châtaignier tombées en novembre; les feuilles de Laurier-cerise ont été récoltées immédiatement après leur chute, d'avril à septembre.

feuilles vertes, d'autre part dans les feuilles tombées des deux espèces étudiées, on constate dans ces dernières une diminution de la forme protéique, une augmentation correspondante de la forme soluble.

Le phosphore des feuilles de Laurier-cerise présente à ce point de vue un intérêt tout particulier. La moitié du phosphore protéique disparaît dans la feuille jaune, mais la majeure partie de cet élément se retrouve à l'état de phosphore soluble dans l'eau froide, directement précipitable en solution aqueuse par la mixture magnésienne, vraisemblablement sous la forme de phosphate alcalin ou alcalino-terreux monosubstitué.

Dans l'ensemble, avant leur chute, les feuilles de Laurier-cerise, arbre à feuilles persistantes, se comportent comme les feuilles de Châtaignier, arbre à feuilles caduques, et sont le siège d'une protéolyse active de même intensité, suivie d'une migration des principes solubles qui en résultent. Elles perdent une partie de leur substance sèche, de l'azote, du phosphore, du potassium, probablement au profit des jeunes pousses en voie de développement; mais cette migration est moins accusée pour le phosphore que dans les arbres à feuilles caduques et devient même nulle pour le soufre.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Note préliminaire sur une maladie bactérienne des Zostères.* Note de MM. **É. Fischer-Piette**, **Roger Heim** et **Robert Lami**, présentée par M. Louis Mangin.

Dans la région de Saint-Malo, les herbiers littoraux à *Zostera marina*, qui, de mémoire d'homme, furent toujours florissants et qui l'étaient encore en septembre 1931, subirent au cours de l'hiver 1931-1932 une destruction presque totale : au printemps 1932, il ne subsistait de leurs vastes prairies que quelques pieds épars aux feuilles tachées et languissantes. Durant l'été 1932, ces herbiers se reconstituèrent partiellement, mais, en novembre dernier, leur régression s'affirmait à nouveau. Par contre les herbiers à *Zostera nana* de la région, d'ailleurs situés à un niveau supérieur aux précédents, restaient jusqu'ici intacts.

La disparition de ces plantes marines revêt une importance toute particulière du fait qu'elle touche au domaine économique. On sait en effet que les Zostères sont récoltées en certains endroits où elles font l'objet d'un véritable commerce (rembourrage, emballage, engrais), et que, d'autre part, elles fournissent des abris à divers animaux comestibles et à leurs pontes.

L'intérêt de la question apparaît d'autant plus grand que cette brusque destruction atteint non seulement toute la côte bretonne où nous l'avons signalée les premiers [1], mais aussi, d'après les données récentes que nous avons réunies, presque toutes les côtes atlantiques françaises, celles de Hollande, et, depuis deux années au moins, le littoral atlantique du Canada et celui des États-Unis, de la Virginie jusqu'au Maine. Par contre les côtes méditerranéennes de France semblent indemnes jusqu'à ce jour.

Les graves conséquences auxquelles peut conduire cette maladie justifient les inquiétudes des pêcheurs et des pouvoirs publics. Son extension même nous interdisait d'en rechercher la cause directe en des influences climatiques particulières. *A priori*, il semblait déjà vraisemblable qu'il s'agissait d'une maladie à caractère épidémique. L'examen des plantes attaquées nous en a apporté la certitude.

L'affection débute dans la partie sommitale des feuilles par l'apparition de taches grises, puis brunâtres, fréquemment marginales, à contours vagues ou précis, linéaires ou irréguliers, formant souvent des plages à aspect granuleux. Ces macules primitives s'étendent et brunissent fortement, en même temps que des taches plus tardives et non terminales se forment çà et là. Puis elles confluent et progressent vers la base. Les gaines et les rhizomes à leur tour sont atteints, offrant des taches isolées, brunes puis noirâtres, visibles notamment sur le pourtour des nœuds, puis gagnant toute l'épaisseur des organes. Enfin, dans le stade ultime de la maladie, les limbes, entièrement noircis, se déchirent, et les rhizomes, nécrosés, devenus fragiles, se brisent facilement. Les plantes disparaissent ainsi, non par putrescence des tissus, mais par suite de leur fragmentation.

Comme on le voit, le phénomène présente macroscopiquement une ressemblance manifeste avec certaines affections bactériennes.

L'étude microscopique confirme ce diagnostic. Elle montre, au niveau des macules foliaires principalement, mais aussi sur la plus grande longueur des feuilles partiellement tachées, la présence d'abondantes bactéries en courts bâtonnets. Ces organismes s'observent en grand nombre, dès le début de la manifestation des attaques, à l'intérieur des faisceaux libéro-ligneux et des fibres dites scléreuses, de même que dans les intervalles ménagés par la destruction des lamelles moyennes. Finalement, ils envahissent tout l'organe, provoquant une nécrose généralisée.

Nous avons pu cultiver sur divers milieux artificiels une bactérie isolée à

---

(1) *Bull. Labor. Saint-Servan*, fasc. X, 1932.

partir des plantes malades, paraissant identique à celle observée dans les coupes des organes atteints, et qui se présente sous forme de bâtonnets à Gram négatif, de $1^{\mu},5$ à 4^{μ} de long en général sur $0^{\mu},5$ de largeur environ. Un travail ultérieur en précisera les caractères et la position taxonomique.

Il reste à connaître les conditions exactes qui ont pu présider à la contamination ou la favoriser. L'anatomie particulière des feuilles adultes de Zostères, dont la nervure médiane s'épanouit au sommet et communique, de même que les terminaisons des fibres, avec le milieu extérieur, explique en tout cas la facilité avec laquelle se produit la contamination. La nécrose normale et très localisée des tissus au sommet des feuilles renforce cette hypothèse. Ces dispositious et les observations que nous avons faites sur la progression des bactéries dans les fibres et le long de celles-ci permettent de reconstituer le mécanisme de l'infection que des blessures accidentelles peuvent également favoriser. Elles n'autorisent pas à nier le parasitisme de la bactérie dont il importe de mettre en évidence le caractère biologique essentiel : son cheminement par la voie des longs éléments, vasculaires et fibreux (lumen et paroi extérieure).

Étant donné que l'affection est connue en Amérique du Nord depuis au moins deux années et en Europe depuis moins d'un an seulement, il est permis de supposer que cette bactérie pathogène est d'origine américaine.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Bases anatomiques de la classification des Poissons Apodes appartenant au sous-ordre des Lyomères*. Note de M. **Léon Bertin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Par toute leur conformation, les *Eurypharynx* de Vaillant et les *Saccopharynx* de Mitchill ont nettement un faciès abyssal. Mais, tandis que l'anatomie des *Eurypharynx* est bien connue, grâce aux recherches de Zugmayer (1911-1913), et de Nusbaum-Hilarowicz (1923), celle des *Saccopharynx*, animaux rarissimes, n'a guère fait de progrès depuis les Mémoires déjà anciens de Mitchill (1824) et d'Harwood (1827). Je puis combler aujourd'hui cette lacune, grâce au riche matériel provenant des croisières océanographiques du *Dana* (1). Les espèces étudiées sont *Eurypharynx pelecanoïdes* Vaillant (= *Gastrostomus Bairdi* Gill et Ryder) et

(1) Cette collection fera l'objet d'un Mémoire d'ensemble de M. L. Roule et de moi-même.

Saccopharynx ampullaceus Harwood. Je les désignerai dans la suite par les initiales *E* et *S*.

1° *Squelette vertébral.* — Vertèbres amphicœliques avec notocorde persistante. Arcs hémal et neural incomplets. Aucune trace de côtes. — *E.* Environ 105 vertèbres dont 30 préanales. — *S.* Environ 250 vertèbres dont 40 préanales.

2° *Squelette maxillaire.* — Absence de plusieurs os, tels que prémaxillaires, palatins, ptérygoïdes, symplectiques, dentaires, articulaires, angulaires. Étirement des maxillaires en longues baguettes grêles et flexibles, dont l'articulation, reportée à une grande distance en arrière du crâne, lui est rattachée par un suspenseur (hyomandibulaire + os carré). — *E.* Mâchoires droites, dents en lime; suspenseur faisant 7-9 fois la longueur du crâne; hyomandibulaire plus court que l'os carré. — *S.* Mâchoires arquées, une trentaine de dents longues et crochues à chaque demi-mâchoire; suspenseur faisant 4-5 fois la longueur du crâne; hyomandibulaire prédominant sur l'os carré.

3° *Squelette cranien.* — Grand développement de la région otique, où s'articulent les suspenseurs. — *E.* Crâne hexagonal; pariétaux plus grands que les frontaux; ethmoïde large et court; un os nasal. — *S.* Crâne rétréci en avant; frontaux plus grands que les pariétaux; ethmoïde allongé; pas d'os nasal.

4° *Appareil respiratoire.* — Pas d'opercules ni de rayons branchiostèges. Chambres branchiales ouvertes largement en dehors, mais ne communiquant avec le pharynx que par d'étroits orifices qui alternent avec les branchies. Arcs branchiaux réduits à de courtes baguettes cartilagineuses. Filaments branchiaux sur deux rangs et portant une double série de lamelles perpendiculaires à leur surface (structure en houppe). — *E.* 5 paires de branchies courtes possédant une quarantaine de filaments. — *S.* 4 paires de branchies un peu plus longues que dans le genre précédent; une cinquantaine de filaments par branchie.

5° *Appareil circulatoire.* — Cœur situé dans une concavité antérieure du foie. Péricarde épais [1].

6° *Appareil digestif.* — Cavité buccale en forme d'entonnoir. Œsophage peu distinct du pharynx, qui, ainsi que l'estomac, est très dilatable, grâce à des replis longitudinaux. Intestin naissant sur le côté droit, dans la partie antérieure de l'estomac, puis se dirigeant à peu près en ligne droite jusqu'à l'anus; sa partie antérieure renflée et spongieuse; pas de cæca pyloriques. Pancréas accolé à l'intestin. Foie bilobé. Une vésicule biliaire. — *E.* Estomac 2-3 fois plus long que large; intestin légèrement sinueux; foie très développé; vésicule biliaire arrondie. — *S.* Estomac 4-5 fois plus long que large: intestin rectiligne; foie moins volumineux que dans le genre précédent; vésicule biliaire allongée.

7° *Autres viscères.* — Reins très longs et intimement soudés sur la ligne médiane. Deux uretères confluant en une vessie urinaire, qui débouche en arrière de l'anus. Pas de vessie natatoire. Glandes génitales rubanées, plissées, occupant toute la longueur du tronc. Orifice génital indistinct. — *E.* Reins s'effilant en arrière de l'anus. — *S.* Reins finissant au niveau de l'anus.

---

(1) Les vaisseaux sanguins n'ont pu être étudiés.

8° *Musculature.* — Atrophie des muscles, sauf de ceux en rapport avec le squelette maxillaire.

9° *Système nerveux.* — Moelle épinière non renfermée dans un canal rachidien. Encéphale caractérisé par l'extrême petitesse des cerveaux antérieur (lobes olfactifs, corps striés) et intermédiaire (couches optiques), qui équivalent dans leur ensemble au tiers du cerveau moyen (tubercules bijumeaux). Cervelet peu développé. Fosse rhomboïdale du quatrième ventricule largement ouverte et aussi longue que le reste de l'encéphale. Organes visuels et nerfs optiques rudimentaires.

Les dispositions anatomiques précédentes permettent d'améliorer et de préciser la classification admise jusqu'à ce jour. *Les deux genres étudiés sont les types de familles distinctes, dont il faut faire soit un sous-ordre des Poissons Apodes, soit un ordre de la classe des Téléostéens.* L'opinion de Nusbaum-Hilarowicz, d'après laquelle les *Eurypharynx* s'opposeraient à l'ensemble des Téléostéens par la structure de leur appareil respiratoire, ne peut être maintenue.

Le sous-ordre conserve le nom caractéristique de *Lyomères* (de λύω, désagréger; μέρος, partie), attribué tout d'abord par Gill et Ryder (1883) au seul genre *Eurypharynx*. Ce sous-ordre est essentiellement caractérisé par la dégradation organique, l'ampleur de la cavité buccale, la structure des branchies des animaux qui le constituent. Tous habitent les grandes profondeurs des océans.

Les caractères différentiels des familles, *Eurypharyngidés*, *Saccopharyngidés*, sont tirés du nombre des vertèbres et des branchies, de la structure du crâne et du squelette maxillaire, de la forme générale du corps, de la disposition des nageoires, etc. Chaque famille est réduite à un seul genre.

PHYSIOLOGIE. — *La formation des composés puriques aux dépens des matières protéiques dans le métabolisme azoté endogène.* Note de M. **Émile F. Terroine** et M[lle] **Gilberte Mourot**, présentée par M. d'Arsonval.

Des faits récents ont administré la preuve d'une formation synthétique des substances puriques par l'organisme aux dépens des matières protéiques alimentaires. Terroine, Giaja et Bayle (¹) ont apporté l'un des plus démonstratifs en montrant que l'excrétion de l'allantoïne et des corps puriques chez le porc varie dans le même sens que l'excrétion azotée totale. Cette opération s'étend-elle aux protéines constitutives de l'organisme? Nous en avons récemment formulé l'hypothèse, nous fondant sur la répartition de l'azote dans l'urine d'animaux amenés au niveau minimum du métabolisme

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 956.

azoté endogène ([1]). En effet, le rapport N *allantoïne*/N *total* de l'urine est beaucoup plus élevé que le rapport N *purique*/N *total* de l'organisme : chez le rat, le premier est de 0,13 et le second 0,02. Une démonstration directe restait à fournir. La teneur en N purique d'animaux de même poids d'une espèce donnée étant sensiblement constante, ainsi que l'a montré Truszkowski, nous avons pensé le pouvoir faire de la manière suivante : soumettre à une inanition prolongée jusqu'à la mort des animaux dont on connaît le contenu en azote purique grâce à des analyses faites sur des témoins de même poids; doser les corps puriques (bien entendu nous comprenons l'allantoïne sous ce vocable, son origine n'étant pas douteuse) dans les excrets pendant toute la durée de la survie; déterminer l'azote purique restant dans l'organisme au moment de la mort; voir enfin si la somme des deux dernières valeurs est égale ou supérieure à celle renfermée dans l'animal au début de l'essai.

Sujets témoins normaux.		Sujets inanitiés.					Différence entre N total récupéré et le contenu présumé d'azote au début de l'inanition	
Poids (g.).	Contenu en N (g.).	Poids au début (g.).	Contenu en N au début (présumé) (g.).	N total rejeté (urine et fèces) (g.).	Contenu en N à la fin (g.).	N total récupéré (g.).	en valeur absolue (g.).	en °/₀ de N initial.
				Rats.				
100	3,05	100	3,05	0,47	2,52	2,99	−0,06	−1,6
158	4,91	162	5,03	0,80	3,96	4,76	−0,27	−5,3
233	7,16	243	7,45	1,82	5,30	7,18	−0,28	−3,7
				Cobayes.				
790	23,2	770	22,6	3,00	20,72	23,72	+1,12	+4,9
570	16,3	520	14,8	2,99	12,85	15,84	+1,04	+6,1

Mais une question préjudicielle devait être résolue. La conclusion tirée à l'aide d'un tel procédé ne peut être valable que si l'on saisit avec certitude la totalité des composés azotés excrémentitiels en s'adressant uniquement aux émonctoires habituels : urine et fèces. Et c'est précisément ce que nie Lombroso affirmant l'existence d'une perte par une voie inconnue ou sous une forme inconnue. Par des expériences parfaitement conduites, Dohna-Schlobitten a déjà montré l'inexactitude de cette affirmation en ce qui

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2235.

regarde les animaux soumis à un régime alimentaire normal. Les mesures auxquelles nous avons procédé sur des rats et des cobayes ne recevant aucune alimentation, et dont on trouvera ci-dessus quelques résultats, montrent qu'on retrouve dans la somme

N total des excreta (urine et fèces)
+ N total restant dans l'organisme

la quantité présente au moment de la mise au jeûne. Les très légères variations observées, tantôt en plus, tantôt en moins, sont de l'ordre des erreurs expérimentales.

La notion d'*azote injustifié*, formulée par Lombroso, incompatible d'ailleurs avec les données les plus certaines de la physiologie, ainsi que l'un de nous l'a déjà montré, ne saurait être retenue. Le programme d'essais, précédemment formulé, sur l'origine protéique endogène des composés puriques pouvait donc être mis à exécution. Tous les résultats expérimentaux seront présentés dans un prochain Mémoire ; quelques-uns d'entre eux sont relevés ci-dessous à titre d'exemple.

Sujets témoins normaux.		Sujets inanitiés.								Différence entre N purique total récupéré et présumé présent dans l'organisme au début.
				N purique rejeté par les urines.						
Poids.	Contenu en N purique.	Poids au début.	Contenu présumé en N purique au début.	N allantoïne × 5/4.	N purique.	Total.	N purique trouvé dans le sujet à la fin de l'inanition.	N purique total récupéré.	
				Rats.						
g	mg	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg		mg
100	70	100	70	39	3	42	46	88		+ 18
158	101	162	103	61	2	63	73	136		+ 33
233	143	243	149	104	6	110	105	215		+ 66
				Cobayes.						
790	475	770	462	320	12	332	306	638		+176
570	313	520	294	300	7	307	190	497		+203
370	240	350	237	200	8	208	137	345		+108

La conclusion de fait paraît incontestable : la somme

N purique rejeté par l'organisme
+ N purique présent dans l'organisme à la fin de l'inanition

est toujours beaucoup plus élevée que la quantité de N purique présente dans l'organisme au début. Une partie, et une partie importante, des composés puriques rejetés par l'urine ne pouvant pas trouver son origine dans une disparition correspondante des purines de l'organisme a nécessaire-

ment été formée par synthèse et, naturellement, aux dépens des matières protéiques des tissus.

L'organisme effectue donc la synthèse des corps puriques à l'aide de toutes les matières protéiques, quelle qu'en soit l'origine, endogène ou exogène. Nous dégagerons ultérieurement les conséquences qu'entraîne cette constatation, tant pour la mesure de la grandeur du métabolisme protéique que pour celle de la grandeur du métabolisme purique.

PHARMACOLOGIE. — *Recherches chimiques et pharmacodynamiques sur les principes cardiotoxiques du Lombiry,* Cryptostegia madagascariensis. Note (¹) de MM. **Fernand Mercier** et **J. Balansard**, présentée par M. Béhal.

Le *Cryptostegia madagascariensis* est une Asclépiadacée malgache dénommée par les indigènes Lombiry. Étudiée comme plante à caoutchouc par Jumelle (²) et Périer de la Bathie (³) elle possède des propriétés toxiques bien connues des malgaches qui en utilisent le latex pour se suicider ou pour se débarrasser de leurs ennemis, propriétés toxiques signalées par Hooper (⁴), Raynal (⁵) et d'autres auteurs.

L'un de nous ayant eu à sa disposition, par l'intermédiaire de M. Périer de la Bathie, quelques kilogrammes de racines et de tiges de *Cryptostegia*, avait constaté, il y a près de 2 ans, que l'infusion ou la macération de cette plante exerçaient sur le chien des effets physiologiques et toxiques comparables à ceux produits par les médicaments digitaliques. Ces constatations nous avaient incités à entreprendre alors l'étude pharmacologique du *Cryptostegia*.

Une Communication récente de MM. E. Perrot et Raymond-Hamet (⁶) (*Sur un nouveau digitalique : le Lombiry*, Cryptostegia madagascariensis) nous oblige à résumer dans la présente Note l'état actuel de nos recherches.

Des racines et des tiges de *Cryptostegia* nous avons isolé entre autres substances deux glycosides cardiotoxiques différents :

(¹) Séance du 19 décembre 1932.

(²) Jumelle, *Plantes à latex et à résines*, 1909, p. 45.

(³) Jumelle et Périer de la Bathie, *Les plantes à caoutchouc de l'ouest et du sud-ouest de Madagascar*, 1911, p. 14.

(⁴) Hooper, *Bull. of Pharm.*, 5, 1891, p. 41.

(⁵) Raynal, *Ann. méd. et pharm.*, 28, 1925, p. 358.

(⁶) E. Perrot et R. Hamet, *Bull. Acad. Médecine*, 108, 1932, p. 1475.

1° Un *glycoside soluble dans l'eau* et l'alcool, insoluble dans l'éther et chloroforme, se présentant comme une poudre jaune très hygroscopique, donnant avec l'eau des solutions moussant fortement par agitation et se teintant en rose par la résorcine chlorhydrique à 60°. Ce corps donne avec SO^4H^2 conc. une coloration brun rouge. Inactif sur la lumière polarisée avant hydrolyse il est dextrogyre après et réduit alors la liqueur de Fehling. Ne réduisant pas le réactif de Tollens et ne donnant pas de coloration rouge avec le nitro-prussiate de soude sodique, il ne peut être considéré chimiquement comme glycoside digitalique. Par contre, il semble par certaines de ses propriétés se rattacher au groupe des saponines.

2° Un *glycoside insoluble dans l'eau*, très soluble dans l'alcool, soluble dans l'acétone, insoluble dans l'éther se présentant comme une poudre blanc crème, donnant avec SO^4H^2 conc. une coloration lie de vin. Dextrogyre après hydrolyse ce corps est comme le précédent de nature glycosidique. Il réduit le réactif de Tollens et donne une coloration rouge avec le nitro-prussiate de soude sodique. Présentant les réactions chimiques que Jacobs et Hoffmann considèrent comme caractéristiques des glycosides à chaîne lactonique fermée non saturée, il peut être *considéré chimiquement comme glycoside digitalique.*

Du point de vue pharmacodynamique ces deux glycosides semblent constituer la totalité des principes cardioactifs de la drogue, le glycoside soluble étant environ deux fois plus toxique que le glycoside insoluble.

L'étude comparative de l'action physiologique des deux glycosides sur l'appareil cardio-vasculaire, la respiration, la diurèse et les mouvements de l'intestin *in situ* sur le chien chloralosé, nous a montré des effets cardiotoxiques comparables qualitativement et identifiables à ceux des glycosides digitaliques, à savoir :

Actions inotrope + et chronotrope — (surtout d'origine vagale réflexe) des doses moyennes coïncidant avec une sensibilisation des terminaisons du vague cardiaque. Actions inotrope — et bathmotrope + des doses toxiques traduisant l'hyperexcitabilité musculaire du ventricule qui se trouve soustrait à l'influence du vague alors que l'oreillette réagit violemment à l'excitation de ce nerf. Mort survenant par fibrillation ventriculaire ou par arrêt diastolique au cours de la phase de bradycardie. Vaso-constriction marquée aux doses fortes conditionnant une hypertension intense chez les animaux à vagues sectionnés. Action excitante sur le centre respiratoire. Arrêt des mouvements de l'intestin *in situ* à doses subtoxiques. Action diurétique, en majeure partie directe, du glucoside insoluble. Pas d'effet diurétique appréciable du glycoside soluble.

Pour conclure, il nous semble que les deux glycosides que nous avons extraits du *Cryptostegia madagascariensis*, bien que possédant des actions pharmacodynamiques qualitativement comparables vis-à-vis de l'appareil cardio-vasculaire, sont pratiquement d'un intérêt différent.

Le glycoside soluble, par sa toxicité élevée, par l'absence d'effet cardio-

tonique des petites doses, par l'absence d'action diurétique, par l'action hémolytique enfin que nous avons constaté *in vivo*, au cours de nos expériences, semble être dépourvu d'intérêt. Il ne paraît pas en être de même pour le glycoside insoluble qui exerce un effet cardio-tonique marqué à des doses très éloignées de la dose toxique et qui par sa constitution chimique s'apparente aux glycosides digitaliques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'adrénaline sur les échanges azotés.* Note[1] de MM. **H. Labbé** et **M. Rubinstein**, présentée par M. Charles Richet.

L'adrénaline, qui exerce une action sur les échanges hydrocarbonés, modifie-t-elle parallèlement la nature ou le taux des échanges azotés? Il est plausible de penser que l'adrénaline, agissant sur le glycogène hépatique, affecte, en même temps, le métabolisme azoté dont les stades importants s'effectuent principalement dans le foie. La mise en évidence par l'un de nous (H. Labbé, *Comptes rendus*, 180, 16 mars 1925) de l'action de l'insuline sur le métabolisme de l'azote, autorise à supposer l'existence d'un antagonisme se manifestant ainsi entre l'adrénaline et l'insuline dans le domaine des échanges azotés. D'autre part le point est encore controversé de savoir si les protéiques interviennent, ou non, dans l'origine de l'hyperglycémie adrénalinique[2]. Par ailleurs, la gravité d'un diabète est différente suivant que les troubles du métabolisme des hydrates de carbone s'accompagnent ou non de troubles des échanges azotés. Pour l'ensemble de ces raisons, il paraît justifié de rechercher si l'on peut constater l'apparition de troubles du même ordre pendant la durée du diabète adrénalinique.

Jusqu'à présent, les auteurs se sont surtout préoccupés d'étudier le problème dans des conditions expérimentales très particulières. Par contre, il a été effectué diverses recherches concernant les modifications qualitatives de l'élimination azotée, à l'état normal, sous l'influence de l'adrénaline[3]. Les résultats publiés sont assez discordants. Seul, à notre connaissance, Braier a étudié le problème quantitatif[4], mais dans des conditions très anormales (jeûne complet et prolongé). Il a trouvé une

---

(1) Séance du 19 décembre 1932.

(2) Macleod (*Ergebnisse der Physiologie*, 30, 1930, p. 409) donne la bibliographie complète.

(3) Brel, *Thèse médicale de Bordeaux*, 1921; N. Paton, *Journal of Phys.*, 29, 1913, p. 286; Graham Lusk, *Proc. Soc. Exper. Biol. a Med.*, 14, 1913, p. 49.

(4) Braier, *C. R. Soc. Biol. de Paris*, 2, 1931, p. 493.

légère diminution de l'azote urinaire. Les causes de la discordance observée pouvant tenir à des conditions de nutrition anormales et non comparables entre elles, nous avons opéré, dans des conditions normales et déterminées, après réalisation, chez l'animal en expérience, d'un état d'équilibre azoté persistant.

Nos expériences ont été pratiquées sur des chiens soumis à un régime fixe et les équilibres azoté et pondéral ont été realisés chez eux avant de procéder aux injections d'adrénaline. L'adrénaline (Byla) a été employée en injections sous-cutanées à des doses variant entre 0$^{cm^3}$,5 et 1$^{cm^3}$,5 de la solution 1 pour 100. La dose maximale par kilogramme a été de 0^{mg},02. A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous quelques chiffres d'élimination par nycthémère, obtenus dans nos cas favorables.

Azote urinaire par 24 heures.

Dates des injections.	Jour avant.	Jour de l'injection.	1er jour après.	2e jour après.
Chien n° 1.				
18/VIII	4,5	3,48	3,58	4,05
23/VIII	3,71	2,54	2,5	-
25/VIII	2,5	2,24	3,258	3,3
6/IX	3,91	2,05	4,77	4,35
Chien n° 2.				
24/VIII	4,01	2,69	4,08	3,98
27/IX	3,8	3,48	3,01	3,74
Chien n° 3.				
4/X	3,88	3,12	3,3	-
6/X	3,3	2,4	2,88	3,17

On constate, après chaque injection, une diminution de l'élimination azotée par nycthémère et l'effet produit persiste souvent jusqu'au troisième jour. L'action déprimante de l'adrénaline sur les éliminations azotées apparaît clairement en déterminant les moyennes d'élimination azotée pendant quelques jours, avant et après injections. Pour le chien n° 1, la moyenne est passée de 4,18 (avant injection) à 3^{g},53 (après); pour le n° 2, de 3^{g},88 à 3^{g},38; pour le n° 3, de 3^{g},88 à 3^{g},16 et 2^{g},64. L'équilibre azoté, atteint et conservé chez l'animal pour un taux d'alimentation déterminé, est généralement détruit du fait de l'introduction d'un excès d'adrénaline dans la circulation. Nous ne pouvons, d'ailleurs, pas encore préciser quel est en ce cas le mode d'action de l'adrénaline.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude sur les effets biologiques des ultra-pressions : Résistance des bactéries, des diastases et des toxines aux pressions très élevées*. Note de MM. **James Basset** et **M.-A. Machebœuf**, présentée par M. E. Roux.

Les techniques de travail aux très hautes pressions mises au point par l'un de nous ([1]) ont permis d'aborder pratiquement l'étude de l'évolution de divers phénomènes physiques ou chimiques dans les milieux soumis à des pressions extrêmement élevées. Il nous a semblé intéressant d'utiliser ces techniques pour voir comment se comportent vis-à-vis des pressions élevées (jusqu'à 20000 atmosphères) les organismes vivants et les substances qui les constituent ou qui en dérivent.

Nous avons étudié, tout d'abord, la résistance des bactéries aux ultra-pressions, puis nous avons étudié la résistance des diastases, et des toxines que produisent les bactéries ou d'autres organismes.

Bactéries. — Nous avons placé des émulsions de microbes divers dans des récipients appropriés et nous les avons soumises à des pressions élevées, pendant des temps variables, à la température ordinaire, après quoi, nous avons ensemencé avec ces émulsions microbiennes des milieux appropriés et nous avons comparé la vitalité des germes qui avaient été soumis à la pression, à celles de germes semblables conservés comme témoins dans des récipients identiques et à des températures comparables.

Toutes les espèces bactériennes que nous avons étudiées conservent le pouvoir de se développer après un séjour de 45 minutes dans un liquide comprimé à 3000^{atm}, voire à 4000. Une pression plus élevée, telle que 6000^{atm} tue les bactéries non sporulées que nous avons étudiées : *Bacillus prodigiosus* et *Staphylococcus aureus*; le bacille de Koch est également détruit assez facilement par la pression. Certaines bactéries sporulées telles que *Bacillus subtillis* ont résisté par contre à tous les efforts que nous avons pu tenter : leurs spores ont encore germé parfaitement après avoir subi pendant 45 minutes une pression de 17600 atmosphères.

Les milieux liquides dans lesquels nous avons soumis les germes à la pression ont été de deux sortes : eau physiologique neutre et bouillon de viande ordinaire, dans les deux cas les résultats furent identiques. Nous

---

([1]) J. Basset, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 343, et 191, 1930, p. 928.

n'avons pas, il est vrai, étudié l'influence de la réaction du milieu, le pH était toujours compris entre 6,9 et 7,2.

Les récipients dans lesquels les émulsions microbiennes ont été soumises à la pression pouvant avoir, à de telles pressions, une influence chimique inconnue, nous avons fait varier la nature de ces récipients et nous avons opéré : 1° dans des tubes d'étain fin, clos par soudure ou par sertissage; les parois d'étain étaient minces et très malléables, elles permettaient donc la transmission de la pression du liquide extérieur au liquide intérieur; 2° dans des tubes de feuille anglaise non colorée fermés à chaque extrémité par une ligature soigneuse et très serrée (procédé de choix); 3° dans certains cas, nous avons placé les émulsions microbiennes dans des tubes en porcelaine poreuse; parfois enfin dans de simples ampoules de verre communiquant avec le liquide ambiant par un très long tube capillaire recourbé.

Dans tous les cas nous avons eu soin de remplir complètement nos récipients et d'en éliminer toute bulle gazeuse.

Quelle que soit la nature des récipients, les résultats furent toujours identiques, il semble donc que la pression soit bien le facteur actif qui détruit la vitalité des bactéries non sporulées. Nous avons vérifié qu'il ne se produisait dans les liquides en expériences aucune variation notable de température.

Diastases et toxines. — Les solutions en expériences furent placées aseptiquement dans des tubes en étain ou en caoutchouc hermétiquement fermés et nous avons toujours utilisé comme témoin un égal volume de la même solution maintenu dans un tube identique pendant la durée de l'expérience.

Les *diastases* étudiées furent la saccharase de levure, la laccase d'un champignon *Russula emetica* et la laccase de l'arbre à laque *Rhus succedanea*. Toutes ces ases se sont montrées sensibles à la pression, mais leur inactivation n'est totale que si la pression est très élevée et si elle est maintenue pendant un temps assez long.

La sucrase pressée à 10000^{atm} pendant 30 minutes perd seulement 35 pour 100 de son activité, mais à 13500^{atm} pendant 45 minutes, elle perd totalement son activité.

Une macération glycérinée de Russule perd 80 pour 100 de son activité oxydasique en 45 minutes à 13500^{atm}, tandis que, dans les mêmes conditions, une solution aqueuse de l'oxydase de l'arbre à laque perd toute son activité.

Les trois ases étudiées se comportent de façon assez semblable : si la pres-

sion atteint ou dépasse 9000^{atm} environ, l'activité asique est atténuée et l'atténuation est d'autant plus intense que la pression est plus élevée et que la durée d'action de la pression est plus grande. Si la pression atteint une valeur très élevée, variable d'ailleurs avec l'ase étudiée, l'activité asique disparaît.

Comme *toxines* nous avons étudié des filtrats très actifs de cultures de bacilles tétaniques et de bacilles diphtériques; nous les avons soumis à la pression sans les diluer. La toxine diphtérique perd 80 pour 100 de son activité si on la presse pendant 45 minutes à 13500^{atm} et il faut presser pendant 45 minutes à 17600^{atm} pour qu'il ne persiste plus que un centième de l'activité.

La toxine tétanique est un peu plus sensible : à 13500^{atm} son activité est si atténuée que les animaux ne présentent aucun symptôme si la dose injectée n'atteint pas au moins celle qui, avant l'action de la pression, correspondait à 500 doses mortelles.

Nous avons étudié certaines *substances voisines des toxines microbiennes*. Le venin de cobra ne s'est pas comporté comme les toxines tétaniques ou diphtériques; du venin en solution dans de l'eau physiologique soumis à 13500^{atm} pendant 45 minutes tue le cobaye à la même dose que le venin témoin. L'hémolysine du venin est cependant légèrement atténuée.

La *tuberculine*, qui n'est pas une toxine, a résisté à 13500^{atm} pendant 45 minutes.

Les diastases et les toxines microbiennes se comportent en somme d'une manière très comparable, elles résistent aux pressions déjà élevées de l'ordre de 6000 à 8000^{atm}; elles sont atténuées par des pressions plus élevées (10000 à 12000^{atm}); elles perdent enfin toute activité si la pression est très élevée (supérieure à 12000^{atm}) et est maintenue assez longtemps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le poids moléculaire de la globine de diverses hémoglobines*. Note [1] de M. et Mme **G. S. Adair** et M. et Mme **J. Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons entrepris l'étude de la pression osmotique des solutions de globine (de Bœuf, de Cheval) pour essayer de déterminer le poids molécu-

[1] Séance du 5 décembre 1932.

laire de cette protéine par la méthode de l'un de nous [1], basée sur la pression osmotique des solutions en équilibre avec des tampons salins.

Environ 100 mesures de pression osmotique ont été faites à 0° sur des solutions de 0,5 à 10 pour 100 de globines (préparées par la méthode d'Hamsik ou par celle d'Anson et Mirsky) et, à titre de comparaison, sur des solutions des hémoglobines correspondantes.

Afin de calculer la pression osmotique partielle des ions protéiques, l'on a mesuré, après l'établissement de l'équilibre osmotique (10 à 15 jours), le potentiel de membrane entre la solution étudiée et le mélange tampon dans lequel plonge chaque osmomètre.

L'expérimentation a été compliquée par l'instabilité de la protéine qui, lorsqu'on s'éloigne des conditions expérimentales que nous avons adoptées (mesure à 0°, équilibration avec des mélanges tampon d'acétates ou de phosphates) se transforme spontanément en paraglobine [2].

Voici les constatations auxquelles ont donné lieu les mesures faites au point isoélectrique de la globine, soit à pH = 7,7 à 0° [2].

Avec les solutions d'oxyhémoglobine, la valeur des rapports :

1° $p/C_v = \pi_v$ (où p représente la pression osmotique observée et C_v la concentration de la protéine en grammes pour 100 de solvant), et 2° $p_p/C_v = \pi_p$ (où p_p est la pression osmotique partielle des ions protéiques), augmente en fonction de C_v ainsi qu'Adair l'avait déjà observé. Au contraire, dans le cas de la globine, π_v et π_p diminuent lorsque C_v augmente, comme le montre la figure.

Ce fait peut être dû soit à une diminution du coefficient osmotique en fonction de C_v, ce qui est peu vraisemblable, soit à l'existence d'un équilibre dynamique entre divers polymères de la globine dans la solution, hypothèse qui nous paraît devoir être seule retenue.

Dès lors, le poids moléculaire apparent de la globine, calculé à partir des pressions osmotiques, présente, à un pH donné, une valeur qui dépend de la concentration des solutions, tandis que celui des autres protéines étudiées par Adair, Adair et Robinson (hémoglobines, sérumalbumines, sérumglobulines) au moyen de la même méthode, est indépendant de ce facteur.

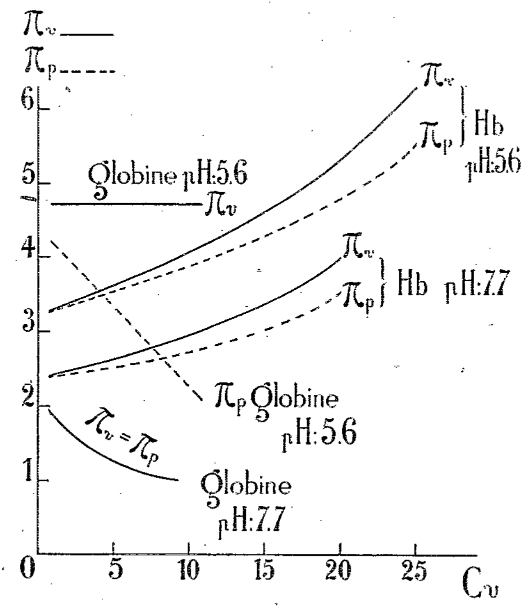
Aussi n'avons-nous pas pu déterminer à quel degré de polymérisation la globine existe dans l'hémoglobine.

---

(1) G. S. ADAIR, *Proc. Roy. Soc.*, A, 108, 1925, p. 627, et 109, 1925, p. 292.

(2) J. ROCHE, *Comptes rendus Lab. Carlsberg*, 18, IV, 1930, p. 1. Nous désignons avec J. Roche sous le terme de paraglobine la « globine dénaturée » des auteurs anglo-américains.

Le pH intervient également dans le phénomène observé. Une série de mesures faites à pH = 6,5 sur des globines et sur des paraglobines, préparées par la méthode de Schultz modifiée, a permis de constater des diffé-



Variation de π_v et de π_p en fonction de C_v (hémoglobine et globine de Bœuf).

rences de π_v et de π_p à pH = 5,6 et 7,7 dans des solutions également concentrées en protéine (voir la figure). Par ailleurs la pression osmotique exercée par la paraglobine est toujours moindre que celle de la globine. Pour des concentrations voisines de 1 pour 100, les poids moléculaires apparents sont les suivants à pH = 5,6 :

Espèce.	Globine.	Paraglobine.	Hémoglobine.
Bœuf..............	37 000	99 000	67 000
Cheval............	29 000	63 000	65 000

La paraglobine semble donc être un polymère de la globine.

En résumé, s'il ne nous est pas permis de fixer de façon absolue le poids moléculaire de la globine et de la paraglobine, nos recherches montrent que ces protéines sont susceptibles de se polymériser, en formant des agrégats de nombres divers de molécules, dans des conditions où les autres protéines ne le font pas.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur la porphyrine tégumentaire du* Lumbricus terrestris. Note de M. **Ch. Dhéré**, présentée par M. L. Joubin.

En 1886, Mac Munn ([1]) publia une série d'observations spectroscopiques démontrant, d'après lui, l'existence d'hématoporphyrine tégumentaire chez le Ver de terre et chez quelques autres Invertébrés. Par la suite, dans le cas du Ver de terre, cette conclusion fut critiquée et considérée comme inexacte.

R. Heller ([2]) fit remarquer que Mac Munn procédait à l'extraction du pigment avec de l'alcool additionné d'acide sulfurique (concentration non indiquée) et que, dans ces conditions, de l'hématoporphyrine pouvait fort bien être artificiellement formée à partir de l'hémoglobine du sang ou d'un autre pigment se trouvant dans la peau. Cette remarque critique est assurément fondée; car, si l'oxygène est absent (réduction bactérienne, par exemple), une faible acidité suffit pour déterminer la production d'une porphyrine à partir d'hémoglobine ou d'hématine ([3]). Heller a encore combattu ce qu'il appelle l' « erreur » de Mac Munn en attirant l'attention sur le fait, signalé par Stübel ([4]), que la peau du Ver de terre ne présente aucune fluorescence (plus exactement, aucune fluorescence rouge) quand on la place dans un puissant faisceau de rayons ultraviolets; or, comme l'a observé Heller, et comme l'avaient d'ailleurs établi antérieurement, et d'une façon plus rigoureuse, Dhéré et Sobolewski ([5]), les rayons ultraviolets (de l'ultraviolet initial) excitent fortement la fluorescence, d'un rouge plus ou moins orangé, que possèdent les solutions d'hématoporphyrine dans les acides, les alcalis ou les solvants organiques neutres.

H. Günther ([6]), qui reprit l'étude de ce pigment tégumentaire en 1922, aboutit, lui aussi, à des conclusions négatives. Il ne parvint pas, dit-il, à observer un spectre de porphyrine en examinant soit un lambeau de tégument soigneusement préparé, soit la liqueur contenant le pigment extrait de ce lambeau avec de l'alcool acidifié (10 pour 100 HCl).

Toutes mes recherches ont été faites sur des Vers à jeun depuis plusieurs jours. On détachait la partie antérieure par section transversale juste en

([1]) C. A. Mac Munn, *Journ. of Physiology*, 7, 1886, p. 240.

([2]) R. Heller, *Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med.*, 51, 1916, p. 224.

([3]) Cf. notamment : P. P. Laidlaw, *Journ. of Physiology*, 31, 1904, p. 464; ainsi que Ch. Dhéré, *Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 17, 1917, p. 67 (expériences avec des acides organiques).

([4]) H. Stübel, *Pflüger's Arch. f. die ges. Physiol.*, 142, 1911, p. 1.

([5]) Ch. Dhéré et S. Sobolewski, *C. R. Soc. de Biol.*, 70, 1911, p. 511.

([6]) H. Günther, *Ergebn. der Allgem. Pathol. u. Pathol. Anat.*, 20, 1922, p. 641.

avant du clitellum. Cette portion antérieure était fixée avec des épingles sur une planchette de liège et ouverte au milieu de la face ventrale par section longitudinale. Les viscères et vaisseaux étaient complètement enlevés et la surface interne parfaitement nettoyée avec des tampons d'ouate. Si l'on examine la surface interne ou la surface externe en lumière violette et ultraviolette de grande intensité (rayons compris entre λ 425 et λ 335$^{m\mu}$), on observe que les bandes transversales pigmentées de la peau exsangue apparaissent d'un violet très foncé. Ce lambeau *frais* présente un spectre d'*absorption* typique de porphyrine (*axe* Bande I = 644$^{m\mu}$).

De plus, après avoir placé un lambeau de peau (soigneusement préparé) dans de l'éther, de l'alcool ou de la pyridine, on voit, à la lumière excitatrice violette et ultraviolette, une magnifique fluorescence rouge partout où se trouve le pigment brun. Avec l'alcool et surtout avec la pyridine, le pigment fluorescent entre très vite en solution; avec l'éther, au bout d'une demi-heure à une heure, le pigment est encore *in situ;* et alors toute la face dorsale apparaît colorée en rouge éclatant, les soies chitineuses latérales formant des sortes de franges d'un joli vert.

L'analyse spectrale, oculaire et photographique, des radiations émises par fluorescence, montre que l'on a affaire uniquement à de la *protoporphyrine* (¹). Si l'on a introduit la peau dans de l'ammoniaque *n*, le spectre de fluorescence est au début d'une complexité remarquable; mais une série d'expériences comparatives me font admettre qu'il n'y a pas dans ce fait une preuve suffisante de l'existence d'un mélange de porphyrines. On peut encore identifier la porphyrine en plaçant la peau dans HCl 2*n* : le pigment se dissout facilement et le spectre de fluorescence coïncide avec celui de la protoporphyrine pure dans le même solvant.

Puisque les solvants *neutres* et même *alcalins* permettent d'extraire *directement* une porphyrine (*protoporphyrine*) de la peau du *Lumbricus terrestris*, c'est évidemment que ce pigment préexiste à l'état libre dans le tégument de ce Ver. Comment alors expliquer l'absence de fluorescence *in vivo ?* L'explication se trouve sans doute dans une constatation que j'ai faite en 1911, avec Sobolewski (*loc. cit.*), à savoir que l'hématoporphyrine est soluble dans l'eau pure en formant une liqueur colloïdale; et qu'ainsi dissoute, c'est-à-dire à peu près sinon exactement au point isoélectrique

(¹) Résultat concordant avec celui obtenu par H. Fischer et H. Hilmer (*Ztschr. f. physiol. Chem.*, 153, 1926, p. 213) en traitant par l'acide acétique glacial puis par l'éther un lot de 250ᵍ de Vers de terre.

(nous constations une convection anodique) ce pigment ne possède plus de fluorescence appréciable [1].

Ainsi les êtres vivants disposeraient de deux moyens pour annuler la fluorescence des porphyrines et supprimer les phénomènes de photosensibilisation : soit la combinaison des porphyrines avec le fer ou le cuivre (cas bien connus), soit le dépôt, dans les tissus superficiels, des porphyrines à un état colloïdal excluant la fluorescence.

MÉDECINE. — *Effets remarquables de la diathermo-coagulation* [2] *dans les cancers des radiologistes atteints de radiodermites.* Note [3] de M. S. **Turchini**, présentée par M. d'Arsonval.

C'est mon cas personnel dont je vais rapporter l'observation ; il mérite d'être connu de tous ceux qui sont exposés aux rayons X ou aux rayons de radium.

Après avoir été atteint d'une radiodermite chronique des deux mains, j'ai vu se manifester sur la main gauche des lésions dont les débuts remontent à 10 ans environ. Ces lésions résistèrent aux divers traitements appliqués.

Je subis l'amputation de l'index, du médius, puis celle de l'annulaire, accompagnée de la résection du quatrième métacarpien, en 1928 ; il se forma plus tard des productions cornées qui, à la suite de petits traumatismes journaliers, se fissurèrent et s'ulcérèrent, tout en devenant très douloureuses ; souvent le suintement dégageait une odeur fétide. Les pansements, les bains, les baumes diminuent la fétidité, mais ne parviennent ni à cicatriser les fissures, ni à calmer la douleur d'une façon durable. L'extension de la lésion se fait en surface et en profondeur, vers les articulations en particulier, et l'amputation de la main paraît devenir nécessaire.

C'est ainsi qu'en mai 1932, sur cette main ne comportant plus que le pouce et l'auriculaire comme moyens de préhension apparurent des fissurations profondes sur un élément développé sur la partie dorsale et interne de la première phalange du pouce ; cet élément évoluait depuis un an et

---

[1] Résultats étendus et précisés bien davantage par les recherches de H. Fink (cf. *Ztschr. f. physiol. Chem.*, 202, 1931, p. 8).

[2] Découverte par d'Arsonval en 1896, confirmée par Bordier et Lecomte (*Comptes rendus*, 133, 1901, p. 1297).

[3] Séance du 9 décembre 1932.

avec une surface d'environ 3$^{cm^2}$. Deux autres éléments cornés, mais non fissurés et d'une surface de 2$^{cm^2}$ siégeaient sur le moignon d'amputation de l'index et sur la face dorsale du poignet.

Une opération chirurgicale comportant l'amputation du poignet m'est

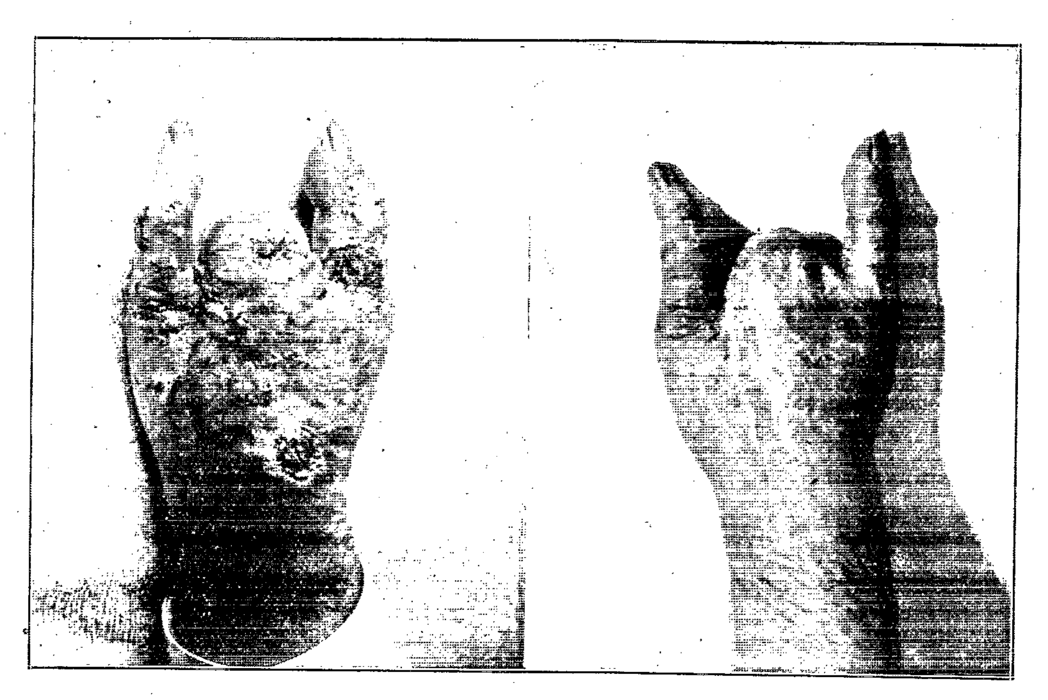


Fig. 1. — Radiodermite de trois lésions cancéreuses graves. Aspect de la main du docteur Turchini avant le traitement.

Fig. 2. — La même main traitée par le docteur Bordier, trois mois après la diathermo-coagulation. Les trois placards épithéliomateux sont cicatrisés.

proposée : elle paraît devenir nécessaire du fait de l'apparition de douleur au moindre choc, mais je renonce à l'intervention immédiate devant l'importance de la mutilation qui m'aurait privé d'une main.

Le 24 juin 1932 les choses en sont là, lorsque je me rends à Lyon auprès de M. Bordier pour lui demander son avis sur mon cas : celui-ci n'hésite pas à pratiquer la coagulation diathermique des trois placards épithéliomateux qui viennent d'être décrits. Une anesthésie locale est préalablement faite avec de la butelline. Chaque épithélioma est traité successivement, ce qui ne demande que quelques minutes.

Après l'intervention, bains quotidiens dans de l'eau bouillie additionnée de 7 à 8 gouttes de teinture d'iode, puis pansements gras pour éviter la

macération et la production de vésicules eczémateuses auxquelles la peau de cette main est sujette.

La cicatrisation est complète vers le 10 août, sauf en un point de l'ulcération qui siégeait sur le moignon de l'index, l'os ayant été mis à nu lors de la chute de l'escarre produite à la suite de la diathermo-coagulation. Toutefois, le 10 septembre, la cicatrisation est achevée et tout pansement devient inutile.

Les cicatrices consécutives à la diathermo-coagulation sont souples; en particulier, les mouvements du pouce ont retrouvé une amplitude aussi grande qu'avant la dégénérescence épithéliomateuse.

Les sensations douloureuses disparurent aussitôt après l'intervention diathermique et ne se sont plus reproduites depuis.

Comme on le voit sur la deuxième photographie ci-dessus, le résultat obtenu est digne d'être publié. Non seulement je suis maintenant complètement débarrassé de mes lésions graves, mais, en outre, l'amputation du poignet n'est plus à envisager.

La séance est levée à 15h55m.

E. P.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-QUINZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1932

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 195.

A

B

C

D

E

F

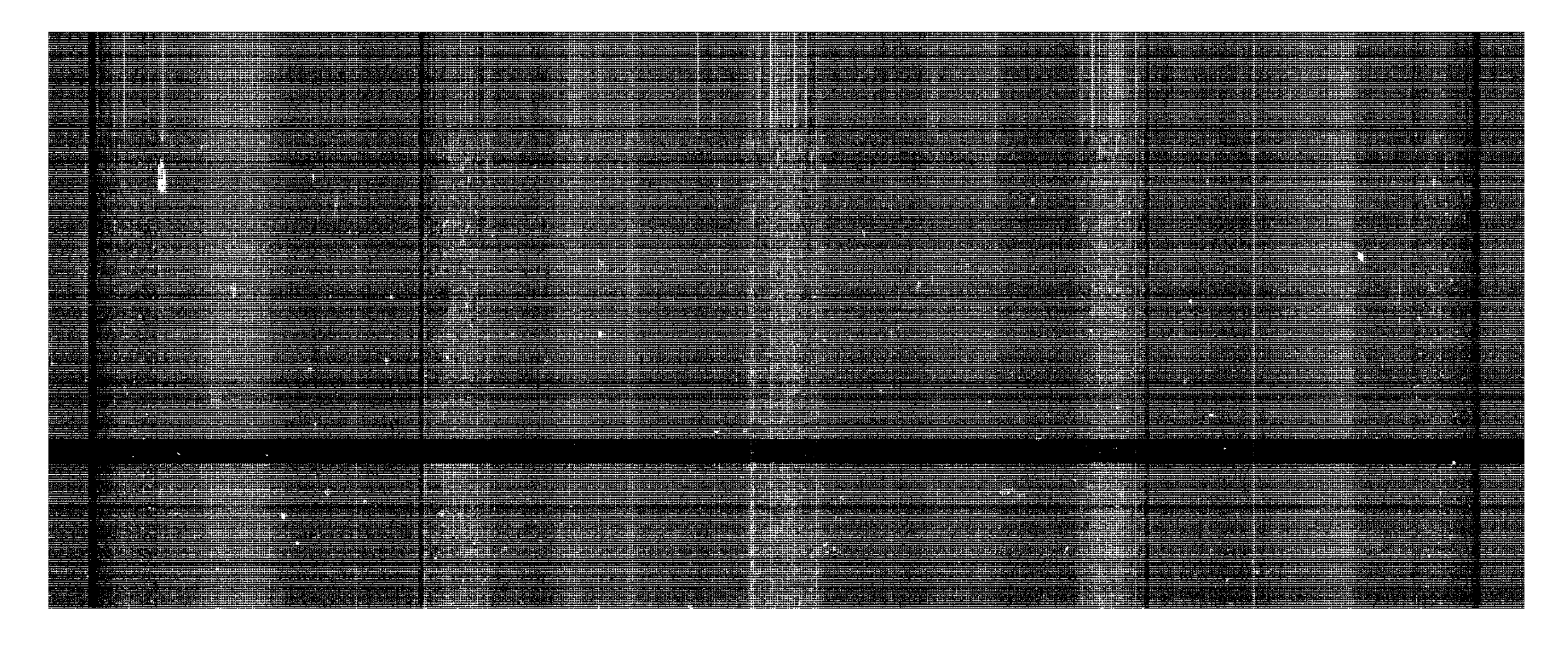
G

H

I

L

M



P

Q

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
95864-33 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.